

Aus der Klinik für Neurochirurgie  
des UK-SH Campus Kiel  
Direktor: Prof. Dr. med. H. M. Mehdorn

Shunt-Überleben bei Kindern im ersten Lebensjahr  
in Abhängigkeit vom Alter der Patienten  
und der Ätiologie des Hydrocephalus

Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der medizinischen Fakultät an der  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von  
Felix von Criegern  
aus Würzburg

2010

1. Berichterstatter: Priv.- Doz. Dr. Fritsch, Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Nikischin, Klinik für Allgemeine Pädiatrie

Tag der mündlichen Prüfung: 12.05.2011

Zum Druck genehmigt, Kiel, den: 26.05.2011

gez.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	S. 05
1.1. Liquorzirkulation	S. 05
1.2. Hydrocephalus	S. 05
1.2.1. Frühkindlicher Hydrocephalus	S. 06
1.2.2. Klinik des frühkindlichen Hydrocephalus	S. 06
1.3. Diagnostik	S. 07
1.4. Therapie des Hydrocephalus	S. 08
1.4.1. Endoscopic Third Ventriculostomy	S. 08
1.4.2. VP- oder VA- Shunt	S. 08
1.5. Komplikationen	S. 09
1.6. Shuntventile	S. 10
1.7. Fragestellung	S. 11
2. Material und Methoden	S. 12
2.1. Patientenauswahl	S. 12
2.2. Statistische Verfahren	S. 12
3. Ergebnisse	S. 14
3.1. Altersverteilung	S. 14
3.2. Geschlechtsverteilung	S. 16
3.3. Ätiologie	S. 18
3.3.1. Myelomeningocele (MMC)	S. 18
3.3.2. Intraventrikuläre Hämorrhagie (IVH)	S. 19
3.3.3. Meningitis	S. 21
3.3.4. Sonstige	S. 22
3.4. Voroperationen	S. 23
3.4.1. Voroperationen am Liquorsystem	S. 23
3.4.2. Voroperationen an einer Myelomeningocele	S. 24

3.4.3. Voroperationen an Liquorsystem oder Myelomeningocele	S. 25
4. Diskussion	S. 27
4.1. Komplikationen	S. 27
4.2. Einfluss des Alters auf das Shuntüberleben	S. 28
4.3. Einfluss der Ätiologie auf das Shuntüberleben	S. 29
4.3.1. Myelomeningocele	S. 29
4.3.2. Intraventrikuläre Hämorrhagie	S. 30
4.3.3. Meningitis	S. 30
4.3.4. Sonstige Ursachen des Hydrocephalus	S. 31
4.4. Voroperationen	S. 31
4.4.1. Voroperationen am Liquorsystem	S. 31
4.4.2. Voroperationen an einer Myelomeningocele	S. 32
4.4.3. Voroperationen an Liquorsystem oder MMC	S. 32
4.5. Andere Faktoren mit Einfluss auf das Shuntüberleben	S. 32
4.5.1. Einfluss von chirurgischem Zentrum bzw. Operateur	S. 32
4.5.2. Einfluss verwendeter Materialien	S. 33
4.6. Ausblick / Alternativen	S. 34
5. Zusammenfassung	S. 36
6. Anhang (Tabellen)	S. 37
7. Literatur	S. 43
8. Danksagung	S. 48
9. Lebenslauf	S. 49

# 1. Einleitung

## 1.1. Liquorzirkulation

Ein erwachsener Mensch produziert am Tag etwa 500 ml Liquor cerebrospinalis als Filtrat über den Plexus choroideus. Das zirkulierende Liquorvolumen beträgt beim Erwachsenen etwa 2 ml / kg Körpergewicht. Beim Neugeborenen ist das Liquorvolumen mit 4 ml / kg Körpergewicht relativ gesehen doppelt so hoch. Der Liquor fließt aus dem Ventrikelsystem in den Spinalraum, die basalen Zisternen und den Subarachnoidalraum, um dort über die Arachnoidalzotten (Pacchioni-Granulationen) in das Blut rückresorbiert zu werden. Kommt es zu Störungen in diesem Kreislauf, kann ein Hydrocephalus resultieren.

## 1.2. Hydrocephalus

Nach der Monroe-Kellie-Doktrin ist das Gesamtvolumen des Hirngewebes, des Liquors und des intrakraniellen Blutes konstant. Kommt es in einem der Kompartimente zu einer Volumenvermehrung, so geht dies immer zu Lasten eines anderen Kompartiments, was zu einer intrakraniellen Druckerhöhung führen kann. Beim Hydrocephalus kommt es zu einem Ungleichgewicht von Liquorproduktion und –resorption, wodurch der Druck intrakraniell steigt. Der Hydrocephalus ist als progrediente Erweiterung der inneren Liquorräume (Ventrikel) mit der Gefahr eines sekundären Druckanstiegs definiert.

Ätiologisch ist zwischen zwei verschiedenen Mechanismen zu unterscheiden:

a) Hydrocephalus malresorptivus: Verminderung der Liquorresorption durch Verklebung und Vernarbung der Pacchionischen Granulationen. Diese Verklebungen treten z. B. nach intraventrikulären Blutungen, Subarachnoidalblutungen, Meningitiden und Schädel-Hirn-Traumata auf.

Im Falle des Hydrocephalus malresorptivus handelt es sich um eine Verminderung der Liquorresorption, der Hydrocephalus aresorptivus bezeichnet einen vollständigen Verlust der Liquorresorption.

b) Hydrocephalus occlusus (= obstruktiver Hydrocephalus): Störung der Liquorpassage bei erhaltener Liquorresorption. Ein occlusiver Hydrocephalus kann primär durch Fehlbildungen wie Aquäduktatresie oder Aquäduktstenose oder sekundär durch Blutungen, Entzündungen, Tumore und Gefäßanomalien bedingt sein.

In diesen Fällen kommt es durch mechanische Flussbehinderung des Liquors zu einem Stau in den Ventrikeln. Der Liquor gelangt auf Grund dieser Passagebehinderung nicht zum Resorptionsort.

Ein gleichzeitiges Auftreten, bzw. eine Überlagerung von malresorptivem und occlusivem Hydrocephalus bei einem Patienten ist möglich.

Eine sehr seltene Form des Hydrocephalus ist der Hydrocephalus hypersecretorius, bei welchem durch eine Hyperplasie des Plexus choroideus, Intoxikationen oder Plexuspapillome eine Überproduktion von Liquor entsteht. Ebenso wie beim Hydrocephalus e vacuo, dem keine Liquorzirkulationsstörung, sondern eine primäre Hirngewebsatrophie zu Grunde liegt, sind in dieser Arbeit keine Patienten dieser Ätiologie enthalten.

### **1.2.1. Frühkindlicher Hydrocephalus**

Der hier untersuchte frühkindliche Hydrocephalus weist einige Besonderheiten auf: In seiner Ätiologie stehen intrauterine und perinatale Blutungen, Fehlbildungen, intrauterine Infektionen und Meningitiden im Vordergrund. Der Hydrocephalus ist mit einer Häufigkeit von 0,48 bis 0,81 pro 1000 Geburten eine nicht seltene Erscheinung bei Neugeborenen (4).

Zu den häufigsten Fehlbildungen zählt die Spina bifida, welche bei einem Drittel der Patienten mit einer Chiari-II-Malformation einhergeht. Von diesem Drittel entwickeln wiederum 90% der Kinder einen therapiebedürftigen Hydrocephalus.

### **1.2.2. Klinik des frühkindlichen Hydrocephalus**

Das klinische Bild des Hydrocephalus zeigt bei verschiedenen Manifestationsaltern unterschiedliche Symptome: Beim Säugling kommt es durch Erweiterung der Ventrikel bei noch offenen Schädelnähten zu einem perzentilenflüchtigen Schädelwachstum. Dabei wölbt sich die Fontanelle vor und die Schädelvenen sind gestaut. Zusätzlich kann es zum „Sonnenuntergangsphänomen“ kommen, bei dem es durch Druck auf die Vierhügelplatte im dorsalen dritten Ventrikel zu einer vertikalen Blickparese kommt.

Andere klinische Zeichen sind allgemeine Unruhe des Kindes, Bradykardie, rezidivierende Abfälle der Sauerstoffsättigung, Nahrungsverweigerung und schrilles Schreien.

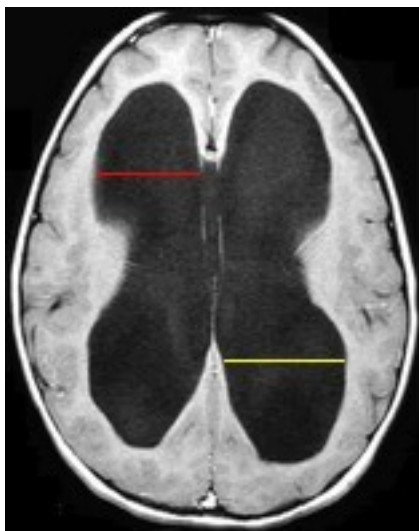
Bei Erwachsenen und älteren Kindern mit bereits geschlossenen Schädelnähten manifestiert sich die Steigerung des Hirndrucks klinisch durch Übelkeit bis zum Erbrechen, Kopfschmerzen und Vigilanzminderung.

Als weiterer Hinweis einer Hirndrucksymptomatik kann sich bei akuter oder chronischer Drucksteigerung eine Stauungspapille entwickeln.

### 1.3. Diagnostik

Bei Auftreten dieser klinischen Symptome und zur Verlaufsbeurteilung werden bildgebende Verfahren eingesetzt. Hier ist das MRT Mittel der Wahl, da es die Möglichkeit bietet, sowohl die Ventrikelweite als auch mögliche Passage-Hindernisse darzustellen. Das CT verliert sowohl bei Diagnostik als auch zur Verlaufskontrolle an Bedeutung, da es bei dieser Methode zu Strahlenbelastung der Patienten kommt. Bei Säuglingen und Kleinkindern ist dieser Nachteil allerdings gegen die Belastung der häufig notwendigen Sedierung im MRT abzuwägen. Um die Nachteile beider Methoden zu vermeiden, greift man im Säuglingsalter auf die Schädelsonographie als diagnostisches Mittel zurück.

Die Ventrikelweite kann anhand des Evans-Index und der „Frontal Occipital Horn Ratio“ (FOHR) numerisch fixiert werden. Somit wird eine Vergleichbarkeit im Verlauf exakter möglich. Der Evans-Index ist eine Formel, die die Weite der Ventrikel ins Verhältnis zur Schädelbreite setzt. Die FOHR berücksichtigt die Tatsache, dass sich Vorder- und Hinterhörner beim kindlichen Hydrocephalus häufig asymmetrisch weiten, und setzt den Vorderhorn-Durchmesser ins Verhältnis zu dem des Hinterhornes.



*Abb. 1: FOHR, rot markiert der Vorderhorn-Durchmesser, gelb markiert der Hinterhorn-Durchmesser*

Außerdem kann die Liquordynamik durch Bildgebung nach intrathekaler Gabe von Kontrastmitteln überprüft oder der intrakranielle Druck mittels epiduraler, subduraler oder intraventrikulärer Sonden überprüft werden. Beide Methoden sind aber sehr selten indiziert. Eine dagegen zunehmend etablierte Methode ist das Cine-MRT, eine liquordynamische Untersuchung.

## **1.4. Therapie des Hydrocephalus**

Seit der Entwicklung implantierbarer Shuntsysteme zur Liquordrainage in den 1960er Jahren kann der Hydrocephalus operativ behandelt werden. Wenn die Ätiologie des Hydrocephalus dies zulässt, sollte versucht werden, die primäre Ursache des Hydrocephalus, sei es ein Tumor oder ein Blutgerinnsel, zu beseitigen.

### **1.4.1. Endoscopic Third Ventriculostomy**

Die endoskopische Perforation am Boden des dritten Ventrikels ist bei Behinderung des Liquorabflusses durch den Aquädukt eine Möglichkeit, das Hindernis zu umgehen.

Bei der Ventrikulostomie wird am Boden des dritten Ventrikels in endoskopischer Technik unter Zuhilfenahme von Zusatzinstrumenten wie etwa einer Elektrode für die Anwendung von bipolarem Strom und einem Ballonkatheter ein etwa 6-8 mm großes Stoma geschaffen, so dass der Liquor auf physiologischem Wege in die Fossa interpenduncularis abgeleitet werden kann.

Diese Methode kann jedoch nur bei einem obstruktiven Hydrocephalus mit funktionierender Liquorresorption Erfolg bringen.

### **1.4.2. VP- oder VA-Shunt**

Ist die Durchführung einer ETV nicht möglich oder sinnvoll, muss eine Liquorableitung (Shunt) angelegt werden. Zu diesem Zwecke kann entweder ein ventrikulo-peritonealer bzw. ventrikulo-atrialer Shunt dauerhaft implantiert oder eine externe Drainage bzw. ein Reservoir als temporäre Lösung angelegt werden.

Mittel der Wahl ist überwiegend der ventrikulo-Peritoneale Shunt (VP-Shunt), bei dem eine dauerhafte Ableitung des Liquors aus einem Seitenventrikel über ein Ventil und einen subkutan geführten Katheter in das Peritoneum erfolgt. Ein solches System besteht aus einem proximalen Katheter, einem Ventil und einem distalen Katheter. Der proximale Katheter wird durch den Schädel frontal oder occipital im Seitenventrikel platziert, das Ventil in der Regel subkutan hinter dem Ohr fixiert und der distale Katheter in den meisten Fällen im Peritoneum implantiert.

Besteht aus anatomischen Gründen oder bei Zustand nach Peritonitis nicht die Möglichkeit der Anlage ins Peritoneum, so kann der distale Schenkel des Katheters über die V. facialis, V.jugularis und V. cava superior in den rechten Vorhof des Herzens gelegt werden (ventrikulo-atrialer Shunt, kurz VA-Shunt).

Eine temporäre Möglichkeit der Liquordrainage vor Shuntanlage besteht in der Implantation



eines Rickham-Reservoirs, an das ein Ventrikelkatheter angeschlossen ist. Es wird unter der Kopfschwarte implantiert und ermöglicht eine sterile transkutane Punktion des Ventrikelsystems. Diese Möglichkeit wird gern genutzt bei sehr kleinen Kindern und wenn eine Infektion vorgelegen hat und nicht sicher abgeheilt ist, da dann eine dauerhafte Ableitung mittels Shunt mit einer hohen Komplikationsrate behaftet ist.

Eine alternative Möglichkeit besteht in der Anlage einer externen Ventrikel-Drainage (kurz EVD). Hier wird der Liquor über einen Schlauch in einen Auffangbehälter geleitet, der sich außerhalb des Körpers befindet. Über Veränderung der Position dieses Auffangbehälters kann die Fördermenge des Liquors beeinflusst werden. Im Gegensatz zum Rickham-Reservoir ist die Liquorableitung ohne Punktion möglich, systembedingt ist aber die Mobilität des Patienten eingeschränkt. Bei der EVD handelt es sich um ein nach außen offenes System, wodurch zusätzlich die Gefahr des Eindringens von Keimen höher ist als bei vollständig im Körper befindlichen Systemen.

Beide Systeme (EVD und Rickham) finden Verwendung, wenn bei Frühgeborenen ein therapiebedürftiger Hydrocephalus besteht, die Kinder aber das für eine Shunt-Implantation angestrebte Körpergewicht von 2000 g noch nicht erreicht haben. Sobald es die Reife des Kindes zulässt, kann zur Druckentlastung ein Shuntsystem implantiert werden.

## **1.5. Komplikationen**

Die Anlage eines Shuntsystems ist zwar einer der am häufigsten durchgeführten neurochirurgischen Eingriffe bei Kindern, weist aber eine hohe langfristige Komplikations- und Revisionsrate auf (33).

Im ersten postoperativen Jahr müssen 40% der implantierten Shuntsysteme revidiert werden. Die häufigste Ursache eines Shuntversagens ist die mechanische Obstruktion. Außerdem kann es wachstumsbedingt zu Fehllagen des proximalen oder distalen Katheterendes kommen. Die Einzelteile des Shuntsystems können dekonnectieren, wodurch der Liquorabfluss ebenfalls behindert oder vollständig unterbrochen werden kann. Durch im Liquor enthaltene Stoffe wie Eiweiß oder Blut kann das System verstopfen und eine Drainage erschweren oder unterbinden. All diese Fehlfunktionen bedürfen ebenso einer chirurgischen Revision wie eine bakterielle Infektion des Shuntes.

Zu hoher oder niedriger Durchsatz des Ventils kann zu Über- bzw. Unterdrainagen führen. Folge einer Unterdrainage kann erhöhter Hirndruck mit den oben beschriebenen Symptomen sein, eine Überdrainage manifestiert sich z. B. in Form eines Schlitzventrikel-Syndroms. In der Bildgebung finden sich schmale bis fast vollständig verstrichene Ventrikel, was zur Folge hat, dass der Ventrikelkatheter mit dem Ependym oder dem Plexus in Verbindung tritt und es

so zu Abflussbehinderungen durch Umscheidung oder Umwachsung des Katheters kommen kann.

## 1.6. Shuntventile

Es sind verschiedene Shuntsysteme auf dem Markt erhältlich, wobei zusätzlich zu den herkömmlich verwendeten Differentialdruckventilen wie Schlitz-, Membran-, Feder- oder Kugel-Konus-Ventilen neuartige Ventile Verwendung finden. Hierbei handelt es sich z. B. um gravitationsgesteuerte Ventile, die die Durchflussmenge je nach Körperlagen regulieren, oder um manuell verstellbare Ventile, die transkutan eine Verstellung des Öffnungsdrucks zulassen.

Shuntsysteme mit Gravitationsventilen zeigen eine verbesserte Anpassung der Liquor-Drainagemenge in Bezug auf die sich ändernden Druckverhältnisse beim stehenden bzw. liegenden Patienten. Diese Shuntsysteme wirken der Überdrainage entgegen, welche eine häufige Komplikation bei Hydrocephaluspatienten ist.

Die Effektivität dieser Systeme wird in der Mehrzahl der vorliegenden Studien bestätigt (12, 15, 22, 51), in anderen konnte sie jedoch nicht nachgewiesen werden oder es ergaben sich Nachteile gegenüber herkömmlichen Ventilen (20, 26).

Verstellbare Ventile ermöglichen die Anpassung der Druckstufe auf sich ändernde Druckverhältnisse im Liquorsystem, wie sie zum Beispiel als Folge des Längenwachstums auftreten.

Aber auch ausgewachsene Patienten können unter Umständen davon profitieren, den Ventilöffnungsdruck anzupassen, ohne dass ein operativer Austausch des Ventils nötig ist. Es können z. B. ein ursprünglich falsch eingeschätzter Drainage-Bedarf oder sich verändernde Druckverhältnisse unkompliziert in beide Richtungen korrigiert werden.

Kann eine solche Einstellung nicht erfolgreich vorgenommen werden, oder besteht die Möglichkeit zur Verstellung nicht, kann es nötig werden, das Ventilsystem operativ auszutauschen.

Eine solche Revision birgt, wie jeder chirurgische Eingriff, Risiken für den Patienten.

Nicht zuletzt ist ein chirurgischer Eingriff mit vorhergehender und folgender stationärer Behandlung eine erhebliche finanzielle Belastung für den Kostenträger. So beziffern Bondurat und Jiminiz 1991 die Kosten für eine Shunt-Operation ohne Berechnung des Krankenhausaufenthaltes mit 2357 US-Dollar.

## 1.7. Fragestellung

Es ist bekannt, dass verschiedene Faktoren wie Alter zum Zeitpunkt der Operation oder die Ätiologie des Hydrocephalus Einfluss auf das Shuntüberleben haben.

In der Literatur zu diesem Thema findet sich allerdings viel Widersprüchliches.

Ziel dieser Studie ist daher, Einflussfaktoren in unserem Patientengut herauszuarbeiten mit dem Ziel:

- Prognosen geben zu können (in Beratungs- und Aufklärungsgesprächen)
- Unsere Daten vergleichen zu können mit der internationalen Literatur
- Risikofaktoren herauszuarbeiten, damit perspektivisch an einer Verminderung / Vermeidung von Revisionen gearbeitet werden kann

Diese Studie untersucht den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Überlebensrate des implantierten Shuntsystems, also die Zeit, die ein Shunt ohne operative Revision im Körper verbleibt. Als Faktoren werden das Alter der Kinder bei der Shuntimplantation, das Geschlecht, die unterschiedlichen Ätiologien des Hydrocephalus sowie evtl. vorhergegangene Operationen untersucht.

Ziel der Arbeit soll es sein, anhand dieser Faktoren eine Voraussage treffen zu können, über welchen Zeitraum der zu implantierende Shunt voraussichtlich unangetastet funktionieren kann. Des Weiteren soll die postoperative Kontrolle dieser Kinder in Abhängigkeit von den erhobenen Daten und Ergebnissen möglicherweise optimiert werden.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Patientenauswahl**

In dieser Studie werden 85 Patienten untersucht, denen innerhalb des ersten Lebensjahres in der Neurochirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel ein liquorableitendes Shuntsystem aufgrund eines Hydrocephalus implantiert wurde.

Die berücksichtigten Operationen fanden zwischen dem 31.3.1991 und dem 24.02.2004 statt.

Das bei OP jüngste Kind wurde am Tage seiner Geburt operiert (0 Tage), das bei OP älteste Kind dieser Studie war 365 Tage alt. Es wurden folgende Daten erfasst:

- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Datum der Implantation des Shunts
- Ätiologie des Hydrocephalus
- Voroperationen
- Datum der Shuntrevision
- Ursache des Shuntversagens

Es wurden die Überlebensrate der implantierten Shuntsysteme unter Berücksichtigung folgender Faktoren untersucht:

- Alter der Patienten bei Shuntanlage
- Ätiologie des Hydrocephalus
- Voroperationen

### **2.2. Statistische Verfahren**

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte am Institut für Medizinische Informatik und Statistik mit dem Programm SPSS (Version 13).

Es wurden folgende statistische Verfahren verwendet:

- Berechnung der Mediane und Mittelwerte mit Standardabweichung
- Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

- Chi-Quadrat-Test
- Kaplan-Meyer-Analyse
- Log-Rank-Test

Der in den Ergebnissen angegebene p-Wert wird unter dem einheitlichen Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  verwendet.

Endpunkte der Beobachtungen waren entweder eine chirurgische Intervention am Shuntsystem oder bei Nichteintreten von Revisionsbedürftigkeit der 24.02.2004.

Das minimale Follow-up nach Shuntanlage betrug ein Jahr, das maximale Follow-up 5155 Tage (14,1 Jahre). Im Mittelwert betrug das Follow-up 769 Tage (2,1 Jahre), im Median 312 Tage.

### 3. Ergebnisse

Insgesamt sind 42 männliche und 43 weibliche Patienten in die Studie eingeschlossen.

Ursache des Hydrocephalus waren in 43 Fällen eine intraventrikuläre Blutung (Hämorrhagie, kurz IVH), bei 20 Patienten eine Myelomeningocele (MMC), sechs mal konnte keine Ursache gefunden werden, vier mal lag eine Dandy-Walker-Malformation vor, in zwei Fällen war eine Toxoplasmose Ursache des Hydrocephalus, in ebenfalls zwei Fällen lag eine Meningitis vor. Jeweils ein Patient litt an einer kongenitalen Fallot-Tetralogie, einer Aquäduktstenose und einer Plexusblutung nach Lysetherapie und fünf Fälle wurden unter „sonstige“ zusammengefasst,

In der Summe ist damit bei 50,6% der Kinder eine IVH Ursache des Hydrocephalus, zusammengefasst finden sich die Ätiologien „sonstige“, Dandy-Walker-Malformation, Toxoplasmose, Meningitis, Fallot-Tetralogie, Aquäduktstenose und Plexusblutung in 24,7%, eine MMC in 23,5% der Fälle.

17 der 85 erfassten Kinder (20%) wurden vor Shuntimplantation am Liquorsystem voroperiert, bei weiteren 18 Kindern (21,2%) wurde vor der Shuntanlage ein Eingriff aufgrund ihrer MMC vorgenommen. Insgesamt sind damit 35 Kinder voroperiert. Dies sind 41,2 % der Gesamtpatienten.

Von den in der Studie untersuchten Patienten wurden im erfassten Zeitraum vom 31.3.1991 bis 24.2.2004 67 (78,8%) aufgrund einer Fehlfunktion ihres Shuntsystems revidiert.

22 mal (25,9%) war eine Fehlfunktion des Peritonealkatheters Grund der Revision, 21 mal (24,7%) versagte der Ventrikelkatheter, bei 17 Patienten (20%) trat eine Infektion auf, 7 Patienten (8,2%) mussten aufgrund eines Ventilversagens revidiert werden und in 5 Fällen (5,9%) war die Ursache der Shuntfehlfunktion unklar.

#### 3.1 Altersverteilung

Um zu untersuchen, ob das Alter der Kinder zum Zeitpunkt der Shuntanlage einen Einfluss auf die Revisionsrate des Shuntsystems hat, wurde das Gesamtkollektiv in möglichst ähnlich große Altersgruppen unterteilt:

- die erste Gruppe umfasst die Kinder, welche innerhalb der ersten 30 Lebenstage einen Shunt bekamen
- die zweite Gruppe enthält die Patienten, welche zwischen ihrem 31. und 60. Lebenstag

operiert wurden

- die dritte Gruppe beinhaltet die zwischen dem 61. und 90. Lebenstage operierten Kinder
- die vierte Gruppe umfasst alle Patienten, die zum Zeitpunkt der Shuntanlage älter als 90 Tage waren

Zusammengefasst in Gruppen nach Alter in Tagen bei Shuntimplantation lassen sich die Ergebnisse wie folgt aufschlüsseln:

In der Gruppe der Kinder, welche innerhalb ihrer ersten 30 Lebenstage einen Shunt bekamen, finden sich 26 Kinder, von denen 25 im Zeitraum der Auswertung revidiert werden mussten. Nur ein Patient, also 3,8% dieser Gruppe, musste im Follow-up dieser Arbeit nicht revidiert werden.

In der Gruppe bis 60 Tagen finden sich 14 Patienten, von denen 11 im gesetzten Zeitrahmen eine Shuntrevision bekamen. Drei Kinder, also 21,4 %, mussten nicht revidiert werden.

Die Gruppe bis 90 Tagen setzt sich aus 21 Kindern zusammen, von denen 16 im Rahmen dieser Studie revidiert wurden, 5 Kinder, also 23, 8%, blieben ohne Revision.

Die letzte Gruppe über 90 Tagen umfasst 23 Kinder, von denen 12 Kinder, also 60,9%, revidiert werden mussten. 9 Kinder, also 39,1%, blieben ohne Revision.

Insgesamt wurden also von den 85 Kindern 67 im erfassten Zeitraum revidiert und 18 Kinder, also 21,2%, mussten keinen neuen Shunt erhalten.

Tabelle 1 im Anhang zeigt diese Zusammenhänge grafisch dargestellt.

Tabelle 2 im Anhang zeigt das Alter der Patienten bei Shuntanlage und die Anzahl der Revisionen pro Gruppe. Zensiert sind die Patienten, deren Shunt im Laufe der Studie nicht revidiert wurde, und die damit den zeitlichen Endpunkt ohne stattgehabte Revision erreichten.

Ausgedrückt in Mittelwert und Median ergibt sich folgendes Bild: Der Mittelwert der Shuntüberlebenszeit beträgt für die jüngste Gruppe (bis 30 Tage) 304 Tage, bei der Gruppe bis 60 Tagen 1212 Tage (3,3 Jahre), bei der Gruppe bis 90 Tagen 1048 Tage (2,9 Jahre) und in der ältesten Gruppe über 90 Tage 1832 Tage (5 Jahre).

Insgesamt beträgt der Mittelwert des Shuntüberlebens aller nicht zensierten Kinder 1235 Tage (3,4 Jahre). Diese Zusammenhänge werden in Tabelle 3 im Anhang gezeigt.

Ausgedrückt im Median beträgt der Wert für die erste Gruppe 48 Tage, der zweiten 124 Tage, der dritten Gruppe 383 Tage und der Median der ältesten Gruppe 984 Tage (2,7 Jahre).

Für das Gesamtkollektiv ergibt sich so ein Median von 323 Tagen (0,9 Jahre).

Mit einem p-Wert von 0,003 ergibt sich, wie in Tabelle 4 im Anhang dargestellt ein signifikanter Zusammenhang von Alter der Patienten bei Shuntanlage und der Überlebensrate der Shuntsysteme.

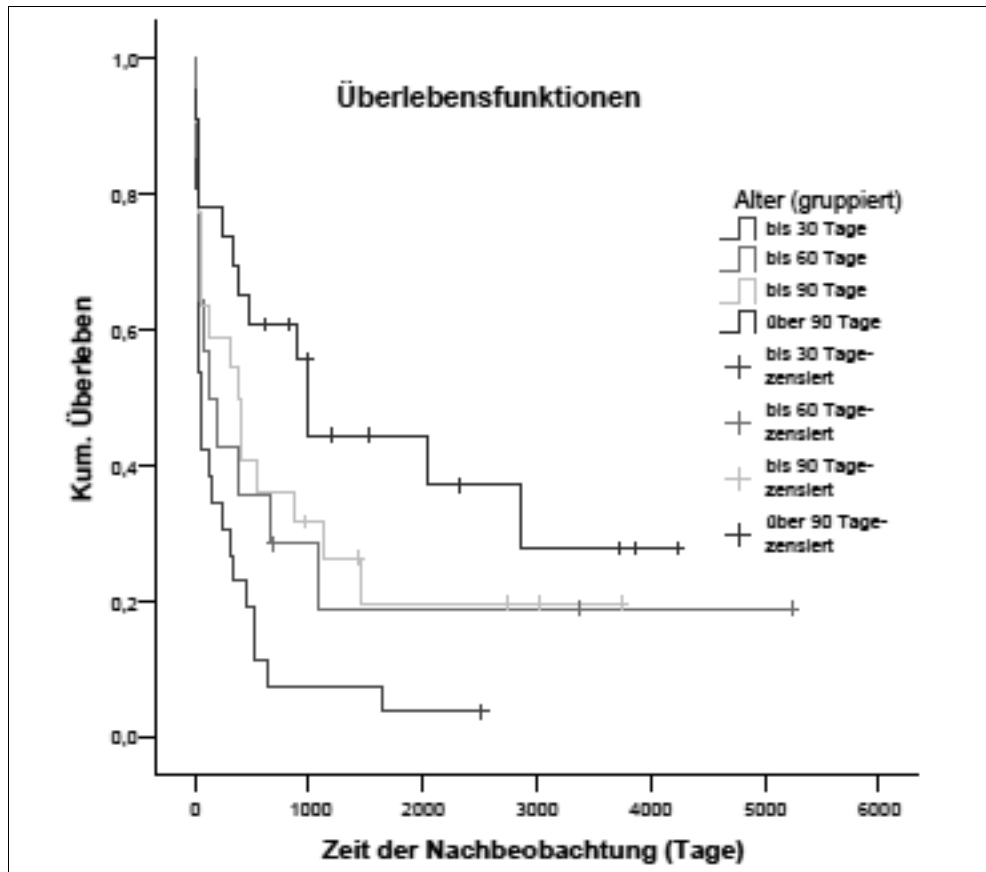


Abbildung 2: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit vom Alter der Patienten bei Shuntanlage in Form einer Kaplan-Meier Funktion.

### 3.2 Geschlechtsverteilung

Aufgeschlüsselt nach Geschlecht mussten im Zeitraum der Studie von 41 männlichen Patienten 30 revidiert werden, von den 43 weiblichen Patienten 36.

In Prozenten ausgedrückt bedeutet dies, dass 73,2 % der Jungen und 83,7 % der Mädchen wegen Shuntversagens operiert werden mussten.

Die Tabelle 5 im Anhang zeigt die Geschlechtsverteilung dieser Studie. Ereignisse bezeichnen Revisionen des Shuntsystems, zensiert sind die Patienten, deren Shuntsystem im Zeitrahmen



dieser Studie nicht revidiert werden musste.

Die Überlebenszeit der Shunts betrug im Mittelwert bei den Jungen 1253 Tage, bei den Mädchen 980,8 Tage. Insgesamt ergibt dies eine durchschnittliche Überlebenszeit von 1235 Tagen.

Der Median betrug bei den männlichen Patienten 323 Tage und bei den weiblichen 311 Tage. Für beide Gruppen ergibt dies zusammengefasst 323 Tage. Diese Daten sind in Tabelle 6 im Anhang dargestellt.

Mit einem p-Wert von 0.3 ergibt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht der Patienten und dem Shuntüberleben. (Tabelle 7 im Anhang)

In der Kaplan-Meier Überlebensfunktion werden die Ergebnisse grafisch dargestellt:

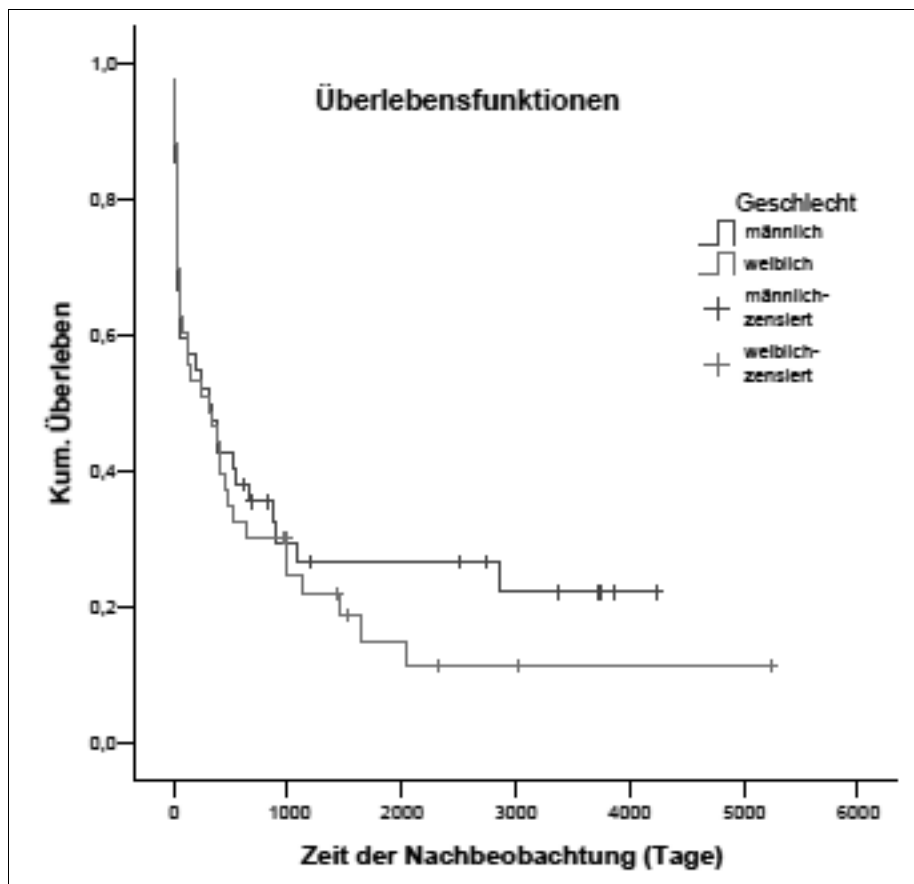


Abbildung 3: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit vom Geschlecht der Patienten bei Shuntanlage in Form einer Kaplan-Meier Funktion

### **3.3 Ätiologie**

#### **3.3.1 MMC**

Von den 20 Kindern, bei denen eine MMC als Ursache des Hydrocephalus diagnostiziert wurde, mussten 18 im Zeitrahmen dieser Studie revidiert werden. Dies entspricht 90 %. (Tabelle 8 im Anhang)

Diese Kinder hatten im Mittel eine Überlebenszeit ihres Shunts von 486 Tagen. Der Median beträgt 55 Tage.

Im Vergleich hierzu hatte die Gesamtgruppe der erfassten Kinder eine Überlebenszeit von 1235 Tagen, abzüglich der Gruppe mit Myelomeningocele 1399 Tage. Dieser Zusammenhang wird in Tabelle 9 im Anhang dargestellt.

Bei einem p-Wert von 0,059 zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Myelomeningocele als Ätiologie des Hydrocephalus und der Überlebensrate des Shuntsystems.

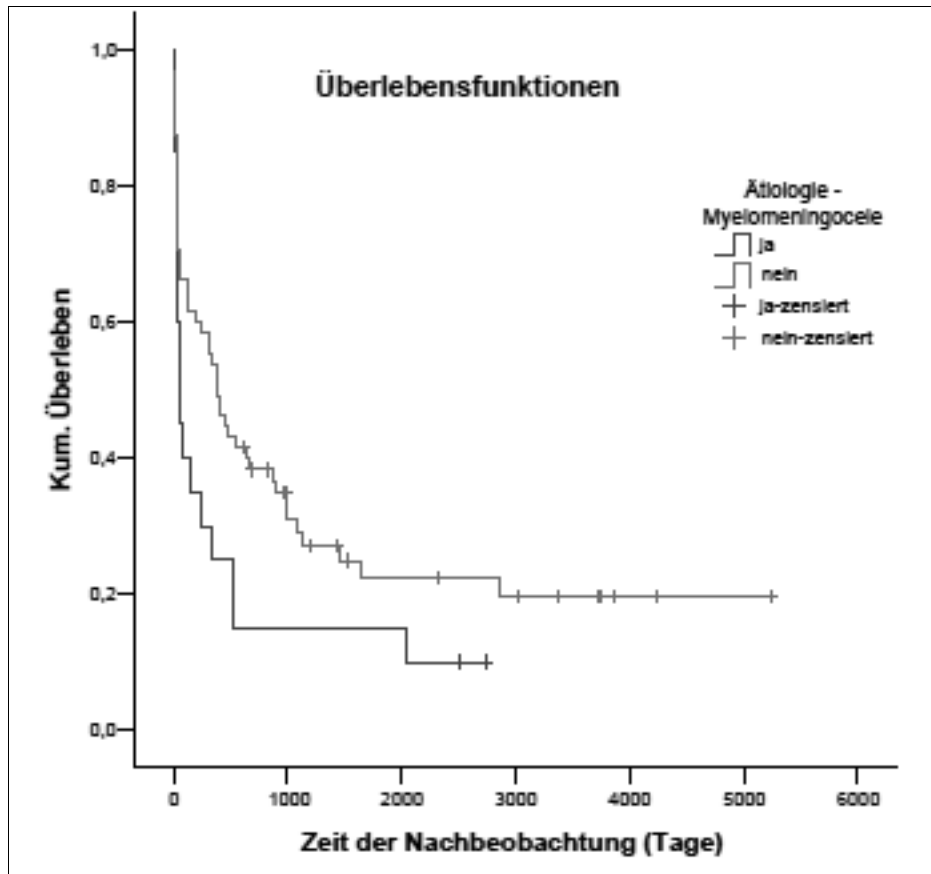


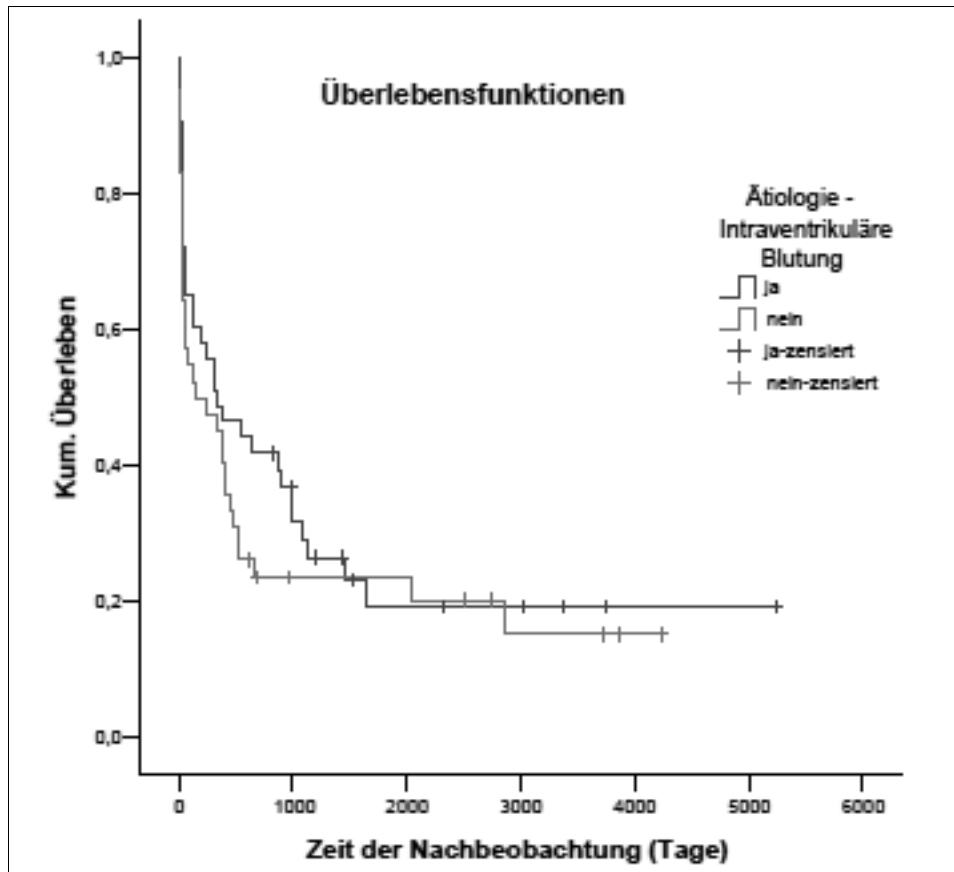
Abbildung 4: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit von der Myelomeningocoele als Ätiologie des Hydrocephalus in Form einer Kaplan-Meier Funktion K

### 3.3.2 Intraventrikuläre Hämorrhagie (IVH)

Bei 42 Kindern resultierte der Hydrocephalus aus einer intraventrikulären Blutung, 33 von ihnen mussten revidiert werden. Dies entspricht 76,7 %. (Tabelle 11 im Anhang)

Im Mittelwert funktionierte der Shunt bei diesen Kindern 1356 Tage, im Median 328 Tage. Die Gesamtgruppe weist hier 1243 Tage auf, abzüglich der Kinder mit intraventrikulären Blutungen nur 991 Tage. (Tabelle 12 im Anhang)

Bei einem p-Wert von 0,348 ergibt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen intraventrikulären Hämorrhagien als Ursache des Hydrocephalus und der Überlebensrate des Shuntsystems. (Tabelle 13 im Anhang)



Grafik 5: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit von der intraventrikulären Blutung als Ätiologie des Hydrocephalus in Form einer Kaplan-Meier Funktion

### 3.3.3 Meningitis

Zwei Kinder sind in der Meningitis- Gruppe geführt, von denen eines revidiert werden musste. Die Tabelle 14 im Anhang zeigt diese Daten.

Wie Tabelle 15 zeigt, musste im Mittel dieser beiden Fälle der Shunt nach 682 Tagen revidiert werden, der Median beträgt 406.

Bei einem p-Wert von 0,45 ergibt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Meningitis als Ätiologie des Hydrocephalus und der Überlebensrate der Shuntsysteme.

Dies wird in Tabelle 16 im Anhang gezeigt.

Dargestellt als Kaplan-Meier Funktion:

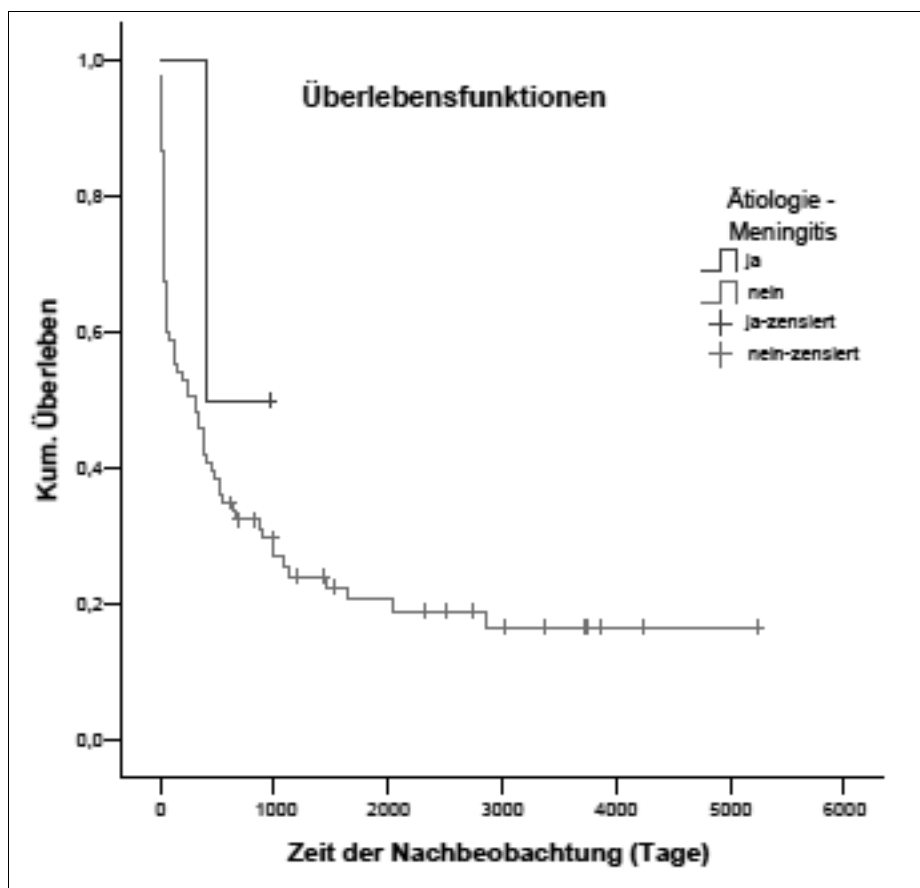


Abbildung 6: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit von der Meningitis als Ätiologie des Hydrocephalus in Form einer Kaplan-Meier Funktion

### 3.3.4 „Sonstige“

Unter „Sonstige“ werden 21 Kinder anderer oder unklarer Ätiologien des Hydrocephalus geführt, von denen 15, also 71,4 % revidiert werden mussten. (Tabelle 17 im Anhang)

Im Mittel wurde diese Revision nach 1405 Tagen nötig, im Median bei 395. Im Vergleich hierzu lag der Mittelwert der Gesamtgruppe bei 1235 Tagen.

Bei der Gesamtgruppe abzüglich der „Sonstigen“ Ätiologien ergeben sich 1140 Tage.

(Tabelle 18 im Anhang)

Der p-Wert beträgt 0,544, somit ergibt sich kein signifikanter Zusammenhang sonstiger Ätiologien mit der Überlebensrate der Shuntsysteme.

(Tabelle 19 im Anhang)

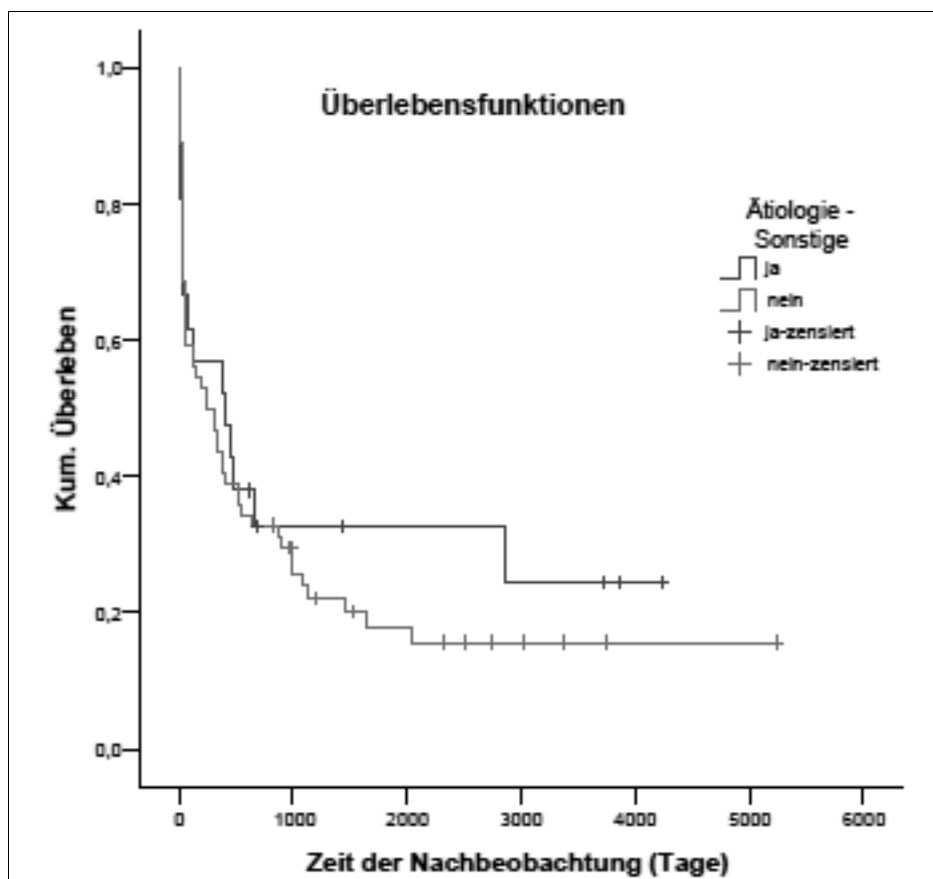


Abbildung 7: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit von sonstigen Ätiologien des Hydrocephalus in Form einer Kaplan-Meier Funktion

### **3.4 Voroperationen**

#### **3.4.1 Voroperationen am Liquorsystem**

Weiterhin wird zwischen Kindern unterschieden, die vor der Shuntanlage schon einmal am Liquorsystem operiert wurden, und denen, bei denen die Shuntanlage die Erst-OP war.

Von 85 insgesamt untersuchten Kindern waren 17 bereits vor der Shuntanlage operiert worden, von diesen mussten 15 innerhalb der Studie revidiert werden. Dies entspricht 88,2 %. (Tabelle 20 im Anhang)

Im Mittelwert vergingen hier 607 Tage, bis eine Revision des Shunts notwendig wurde, der Median beträgt 383.

Die Gesamtgruppe blieb im Mittel 1235 Tage ohne Revision, abzüglich der am Liquorsystem voroperierten Kinder 1341 Tage.

(Tabelle 21 im Anhang)

Bei einem p-Wert von 0,56 ergibt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Voroperationen am Liquorsystem und der Überlebensrate der Shuntsysteme.

(Tabelle 22 im Anhang)

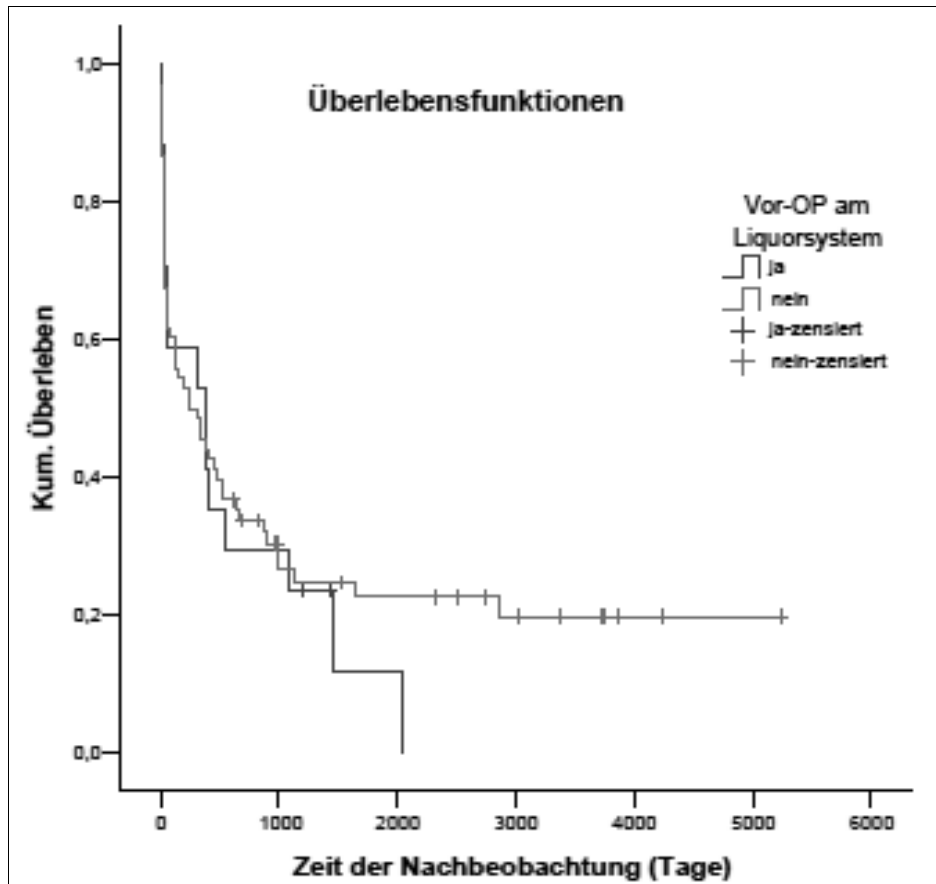


Abbildung 8: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit von Voroperationen am Liquorsystem in Form einer Kaplan-Meier Funktion

### 3.4.2 Voroperation an einer Myelomeningocele (MMC)

18 Patienten waren vor Shuntanlage aufgrund ihrer Myelomeningocele operiert worden. 16 dieser Kinder, also 88,9 %, wurden im Zeitrahmen dieser Studie am Shuntsystem revidiert. (Tabelle 23 im Anhang)

Im Mittel mussten diese Kinder nach 424 Tagen revidiert werden, der Median beträgt 55. Im Vergleich dazu betrug die durchschnittliche Überlebenszeit der Shuntsysteme der Gesamtgruppe 1235 Tage, abzüglich dieser Gruppe 1371 Tage. (Tabelle 24 im Anhang)

Bei einem p-Wert von 0,048 lässt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Voroperationen an einer Myelomeningocele und der Überlebensrate der Shuntsysteme nachweisen.

(Tabelle 25 im Anhang)



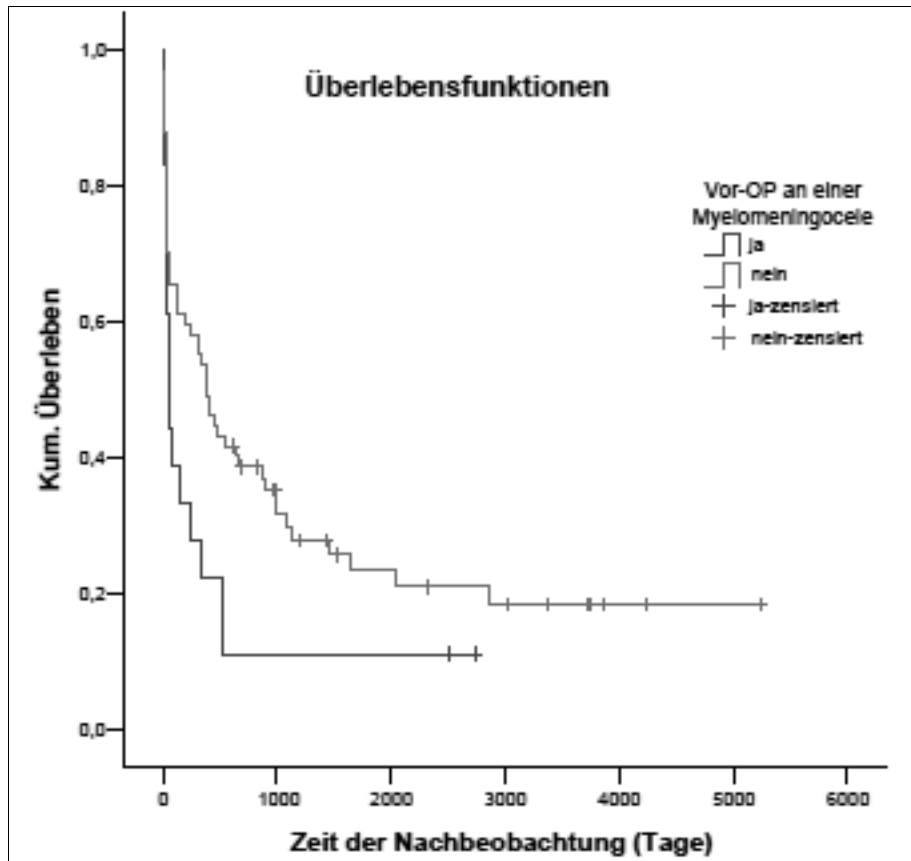


Abbildung 9: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit von Voroperationen an Myelomeningocelen in Form einer Kaplan-Meier Funktion

### 3.4.3 Voroperationen an Liquorsystem oder MMC

Fasst man die Operationen am Liquorsystem und die Operationen betreffend der MMC zusammen, ergibt sich für die Voroperationen folgendes Bild:

Es wurden insgesamt 35 Kinder dieser Studie vor ihrer Shuntanlage schon einmal operiert.

Von diesen Kindern wurden 31, das sind 88,6%, im Zeitverlauf dieser Studie revidiert.

(Tabelle 26 im Anhang)

Im Mittelwert wurde in dieser Gruppe nach 541 Tagen eine Shuntrevision vorgenommen, im Median 69. (Tabelle 27 im Anhang)

Bei einem p-Wert 0,048 zeigt sich eine signifikante Beeinflussung der Überlebensrate durch vor Shuntanlage stattgefundene Operationen an Liquorsystem oder Myelomeningocelen.

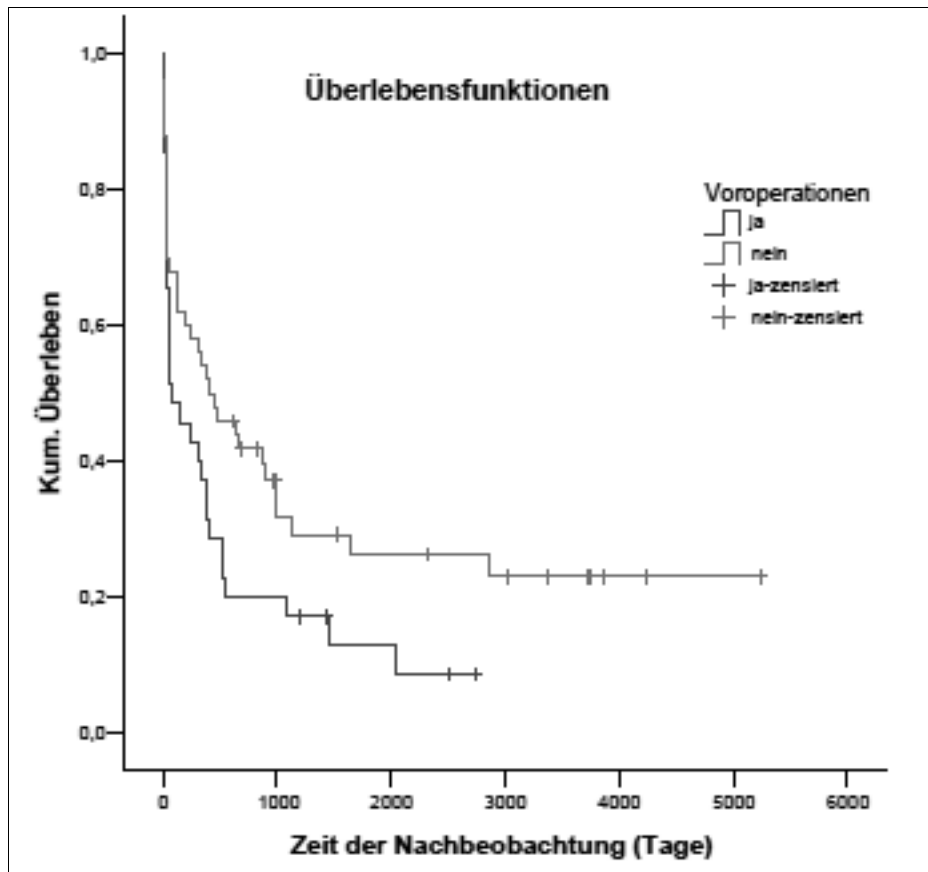


Abbildung 10: Darstellung der Überlebensfunktionen der Shuntsysteme in Abhängigkeit von Voroperationen am Liquorsystem oder einer Myelomeningocele in Form einer Kaplan-Meier Funktion

## 4. Diskussion

Die Shuntimplantation bei Hydrocephalus ist der häufigste neurochirurgische Eingriff bei Kindern. Trotz der langjährigen Erfahrung und den weltweit hohen Fallzahlen ist es jedoch nach wie vor ein Eingriff mit einer hohen Langzeitkomplikationsrate. Seltener werden direkte Folgen der operativen Intervention zum Problem als vielmehr die grundsätzliche Schwierigkeit, mittels der Shuntsysteme physiologische Verhältnisse im Liquorkreislauf herzustellen.

Häufige Gründe des Shuntversagens sind physiologische Vorgänge wie Längenwachstum des Patienten, wodurch es zu Fehllagen des Katheters oder Diskonnektionen im Verlauf des Shunts führen kann. Mit dem Wachstum ändern sich auch die physiologischen Druck- und Mengenverhältnisse des Liquors, so dass ein im Säuglingsalter implantierter Shunt unter Umständen beim Heranwachsenden nicht mehr in der Lage ist, ausreichend zu drainieren.

Des Weiteren ist der Shunt als ein sowohl subkutan als auch intrazerebral und intraperitoneal gelegener Fremdkörper durch Infektionen gefährdet und muss in solchen Fällen entfernt werden. Fehllage eines Schenkels oder Verklebungen führen zu Obstruktion des Shunts, woraufhin er ebenfalls revidiert werden muss.

Dem großen Problem der Über- bzw. Unterdrainage der implantierten Shuntsysteme vor allem bei Kindern wirkt eine Vielzahl von Neuentwicklungen entgegen, die verschiedene Systeme von Ventilsteuerungen hervorbrachten. Doch diese Neuentwicklungen konnten nicht dazu beitragen, die Revisionsrate signifikant zu senken (20, 26).

Auch konnten in bisher durchgeführten Studien keine klaren Vorteile einzelner Ventilsysteme gegenüber anderen Modellen nachgewiesen werden (12, 15).

Der erhoffte Vorteil der Shuntsysteme mit Gravitationsventilen gegenüber konventionellen Ventilen konnte bisher nicht nachgewiesen werden, auch wenn einzelne Studien Vorteile ergeben (22, 51).

### 4.1 Komplikationen

Aufgrund der hohen Komplikationsrate der Shuntsysteme gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen zu diesem Thema (7, 17, 20, 23, 31, 42, 45, 49, 50).

Die häufigsten aufgeführten Komplikationen sind hier die Über- und Unterdrainage, die Obstruktion des proximalen oder distalen Katheters und Infektionen. Diese Komplikationen führen nicht nur in den meisten Fällen zu einer Revisionspflichtigkeit des Shuntsystems, sondern können auch zu erheblichen Sekundärkomplikationen führen.

Neben den intraoperativen und narkosebedingten Risiken des erneuten Eingriffes besteht im Falle einer Shuntinsuffizienz die Gefahr einer Hirndruckerhöhung.

Nicht immer, wie zum Beispiel bei infektiösen Vorgängen, kann sofort ein neuer Shunt implantiert werden, sondern es muss zwischenzeitlich auf eine externe Ventrikeldrainage ausgewichen werden. Diese bietet durch ihre direkte Verbindung nach außen ein erhöhtes Risiko der intrazerebralen Infektion.

Intrazerebrale Infektionen führen zu Meningitiden und / oder Enzephalitiden, also Entzündungen der Hirnhäute und des Hirnes selbst. Diese Infektionen müssen intensivmedizinisch behandelt werden und können zu einer schweren neurologischen Beeinträchtigung der Patienten führen.

Bei Überdrainage kann es zu einem Schlitzventrikelsyndrom mit Unterdruck sowie der Ausbildung von subduralen Hämatomen und Hygromen kommen. Diese Komplikationen können gerade bei Kindern Auswirkung auf die psychomotorische Entwicklung haben.

#### **4.2 Einfluss des Alters der Patienten auf das Shuntüberleben**

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass das Alter der Patienten bei Shuntanlage einen signifikanten Einfluss auf die Dauer des Shuntüberlebens hat: Je jünger die Patienten zum Zeitpunkt der Operation waren, desto geringer war die Zeit, die das implantierte Shuntsystem funktionierte und desto höher war die Revisionsbedürftigkeit überhaupt.

Diese erhöhte Anfälligkeit für Shuntkomplikationen lässt sich bei jüngeren Kindern durch relative Unreife sowie das verhältnismäßig rasche Längenwachstum mit möglichen resultierenden Diskonnektionen oder Lageveränderungen des proximalen oder distalen Katheters erklären

Die bisherigen Studien sind in diesem Aspekt uneinig:

ROBINSON et al. (2002) fanden in einer Studie an 158 Patienten, die innerhalb ihres ersten Lebensjahres einen Shunt implantiert bekamen, keinen Einfluss des Alters bei Shuntimplantation auf das Shuntüberleben. (33)

McGIRT et al. (23) wiesen 2002 im Gegensatz dazu ein gesteigertes Risiko des Shuntversagens nach, je jünger die Patienten bei Shuntimplantation waren und je unreifer die Kinder bei Shuntanlage waren. Sie fanden gegenüber den nach der 40. Schwangerschaftswoche geborenen Kindern ein signifikant kürzeres Shuntüberleben bei Kindern, die vor der 40. Schwangerschaftswoche geboren wurden, sowie eine Zunahme der Revisionsbedürftigkeit der Shunts, je jünger die Patienten bei Shuntanlage waren.

Diese Erkenntnisse spiegeln sich auch in unserem Patientengut wieder.

### 4.3 Einfluss der Ätiologie des Hydrocephalus auf das Shuntüberleben

Wir untersuchten in dieser Arbeit den Einfluss verschiedener Ätiologien auf das Shuntüberleben und fanden im der Zusammenfassung aller Ätiologien keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Ätiologie des Hydrocephalus und Überlebensrate des Shuntsystems. Mehrere vorhergegangene Arbeiten hatten bereits den Einfluss verschiedener Ätiologien auf das Shuntüberleben untersucht und fanden übereinstimmende Ergebnisse.

So fanden McGIRT et al. (2002) keinen signifikanten Zusammenhang von Ätiologien des Hydrocephalus und Shuntversagen. (23)

ROBINSON et al. (2002) fanden in einer Studie an 158 Patienten, die innerhalb ihres ersten Lebensjahres einen Shunt implantiert bekamen, ebenfalls keinen Einfluss der Ätiologie des Hydrocephalus auf das Shuntüberleben. (33)

In unserer Arbeit unterschieden wir die Ätiologien der Myelomeningocele (MMC), der intraventrikulären Hämorrhagie (IVH), sowie der Meningitis und fassten die übrigen Ätiologien zu dem Punkt „Sonstige“ zusammen.

Insgesamt lässt sich also aus der Ätiologie des Hydrocephalus keine signifikante Prognose über die zu erwartende Überlebenszeit des Shuntsystems ableiten.

Nun wurde der Einfluss der einzelnen Ätiologien auf das Shuntüberleben der jeweiligen Patientengruppe getrennt dargestellt:

#### 4.3.1 Myelomeningocelen als Ätiologie des Hydrocephalus

90% der Kinder mit Myelomeningocele als Ursache des Hydrocephalus wurden im Laufe unserer Studie am Shuntsystem revidiert, es ergab sich jedoch trotz der hohen Revisionsrate kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Myelomeningocele als Ätiologie des Hydrocephalus und dem Shuntüberleben.

LIPTAK et al (2001) untersuchten in einer Studie zum Stellenwert der Computertomographie zur Hydrocephalus-Verlaufskontrolle 112 Patienten mit Hydrocephalus als Folge einer Myelomeningocele. Im Studienverlauf von 12,2 Jahren versagte bei 96 von 112 Patienten das Shuntsystem, so dass es zu einer Revision kam. Es ergab sich eine mit unserer Studie vergleichbare Quote an Shuntrevisionen bei Hydrocephali in Folge einer Myelomeningocele (19).

MARLIN (2004) diskutierte die Möglichkeit der Endoskopischen Third Ventrikulostomie als Alternative zur Liquorentlastung bei Patienten mit Hydrocephalus als Folge einer Myelomeningocele, kam jedoch aufgrund schlechterer Eingrenzbarkeit der Fehlerquellen bei Hirndrucksymptomatik zu dem Schluss, dass trotz der verhältnismäßig hohen Revisionsrate

der Patienten mit Hydrocephalus als Folge einer Myelomeningocele die Shuntanlage die zu bevorzugende Methode der Liquorableitung sei. (21)

TULI et al (2003) untersuchten in einer Studie an 189 Hydrocephalus-Patienten mit Myelomeningocele die Überlebensrate der Shuntsysteme über einen Zeitraum von 9 Jahren. 64% dieser Patienten mussten im Laufe der Studie revidiert werden, im Durchschnitt versagte das Shuntsystem nach 303 Tagen, wovon bei 29% eine Shunt-Infektion als Ursache festgestellt werden konnte. (43)

Auch hier zeigt sich also eine hohe Revisionsrate von Shuntsystemen bei Patienten mit Hydrocephalus aufgrund einer Myelomeningocele.

#### **4.3.2 Intraventrikuläre Hämorrhagie (IVH) als Ätiologie des Hydrocephalus**

Bei 42 der in dieser Studie untersuchten Kinder lag eine intraventrikuläre Hämorrhagie dem Hydrocephalus zugrunde. Es zeigte sich keine signifikante Verkürzung der Lebensdauer der Shuntsysteme, wenn eine IVH die Ursache des Hydrocephalus war.

Futagi et al diskutierten in einer Studie in 2005 (52) das neurologische Outcome von Kindern mit Hydrocephalus als Folge einer IVH. Kinder mit einer IVH im Stadium 4 hatten grundsätzlich das schlechtere Outcome als Kinder mit dem Stadium 3, unabhängig davon, ob eine Shuntoperation vorgenommen worden war oder nicht. Bei Patienten mit gleicher Operation korrelierte das Outcome wiederum mit dem Grad der IVH. Je höhergradig die IVH eingestuft war, desto schlechter die neurologische Entwicklung der Kinder.

Es wäre sicher falsch, aus dieser Studie zu folgern, dass die Anlage eines Shuntsystems bei Kindern mit Hydrocephalus nach IVH keinen positiven Effekt auf die neurologische Entwicklung hätte, da davon auszugehen ist, dass die Kinder mit entsprechendem Hirndruck einen Shunt bekamen, und Kinder ohne Hirndruck keine Indikation zur Shuntanlage hatten. (52)

#### **4.3.3 Meningitis als Ursache des Hydrocephalus**

Vom Gesamtkollektiv der untersuchten Kinder wiesen zwei eine Meningitis als Ursache des Hydrocephalus auf, eines von ihnen wurde am Shuntsystem revidiert.

Im Mittelwert musste das Shuntsystem nach 681,5 Tagen, im Median 406, revidiert werden. Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang von Shuntüberleben und Meningitis als Ursache des Hydrocephalus.

#### **4.3.4 Sonstige Ursachen des Hydrocephalus**

Eine als „Sonstige“ zusammengefasste Ätiologie des Hydrocephalus fand sich bei 21 der enthaltenen Kinder. Von diesen 21 Kindern wurden im Laufe der Studie 15, also 71,4%, am Shuntsystem revidiert. Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang sonstiger Ursachen mit dem Shuntüberleben.

#### **4.4 Voroperationen**

Als weiteren möglichen Faktor untersuchten wir, inwieweit vor der Shuntimplantation stattgefundenen Operationen einen Einfluss auf die Überlebenszeit der Shuntsysteme haben.

Eine solche Voroperation, welche in aller Regel in der Anlage einer externen Ventrikeldrainage oder eines Rickham-Reservoirs besteht, wird normalerweise bei Kindern durchgeführt, die noch zu unreif für eine Shuntanlage sind. Es sind also meist Säuglinge, die dementsprechend auch in sehr jungem Alter einen Shunt implantiert bekommen werden. Es könnte in dieser Gruppe also indirekt auch das oben aufgeführte Alter bei Shuntimplantation Einfluss auf das Shuntüberleben haben. Nichtsdestotrotz sind Voroperationen am Liquorsystem ein durch den Arzt beeinflussbarer Faktor. Aufgrund der geringeren Überlebensrate des Shuntsystems nach Voroperationen am Liquorsystem müsste man mit dem Risiko einer direkten Shuntimplantation abwägen, ob diese nicht ein insgesamt geringeres Komplikationspotential bietet.

Wir isolierten die Gruppe der bereits am Liquorsystem und der im Rahmen einer Myelomeningocele operierten Patienten und untersuchten den Einfluss dieser beiden Faktoren einzeln und zusammengefügt als eine Gruppe auf das jeweilige Shuntüberleben der Patienten.

##### **4.4.1 Voroperation am Liquorsystem**

Eine Voroperation am Liquorsystem vor Implantation des Shuntsystems, meist im Rahmen der Anlage eines Rickham-Reservoirs oder als Endoscopische Third Ventriculostomie, fand sich bei 17 der untersuchten Kinder.

Es ergab sich kein signifikanter Einfluss der Voroperation am Liquorsystem auf die Überlebensrate der Shuntsysteme.

#### **4.4.2 Voroperation an einer MMC**

Eine Voroperation aufgrund einer angeborenen Myelomeningocele vor Shuntanlage fand sich bei 18 Patienten; meistens waren dies Eingriffe zur Deckung der Cele, die noch am Tag der Geburt stattfanden. Es ergab sich mit einem p-Wert von 0,053 ganz knapp kein signifikanter Zusammenhang zwischen Voroperationen an einer MMC und der Überlebensrate der Shuntsysteme.

TULI et al (2003) (43) zeigten in einer Studie, die sich ausschließlich mit Patienten beschäftigte, die sowohl eine MMC als auch einen shuntversorgten Hydrocephalus hatten, dass 64% dieser Patienten nach im Median 303 Tagen ein Shuntversagen erlitten, zu 24% auf Basis einer Infektion. Als Resultat zeigten sie das Shuntversagen als einen wichtigen Grund für Morbidität und Mortalität bei Patienten mit MMC.

#### **4.4.3 Voroperation an Liquorsystem oder MMC**

Fasst man die Patienten, die vor Shuntanlage entweder am Liquorsystem oder an einer MMC operiert wurden, als eine Gruppe zusammen, ergibt sich ein Kollektiv von 35 Patienten.

Von diesen wurden 31, also 88,6%, im Verlauf dieser Studie am Shuntsystem revidiert.

Es ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen vor Shuntanlage stattgefundener Operation an Liquorsystem oder Myelomeningocele und dem Shuntüberleben, da diese Patienten im Vergleich zum Gesamtkollektiv eine signifikant kürzere Zeit von Shuntanlage bis Shuntrevision aufweisen.

Auch TULI et al. (2000) (45) zeigten, dass vorangegangene Shuntrevisionen einen erheblichen negativen Einfluss auf die Überlebensrate der später implantierten Shunts haben. Hier zeigte sich auch, dass das Zeitintervall zwischen den Eingriffen eine Rolle spielt. Diskutiert werden entzündliche Vorgänge im Ependym, die später verstärkt zu Obstruktionen des proximalen Katheters führen können.

### **4.5 Andere Faktoren mit Einfluss auf das Shuntüberleben**

#### **4.5.1 Einfluss von chirurgischem Zentrum bzw. Operateur**

Neben den in dieser Studie untersuchten Faktoren der Ätiologie und des Alters der Patienten könnten noch eine Vielzahl weiterer Faktoren Einfluss auf die Überlebensrate der



Shuntsysteme nehmen. So untersuchten verschiedene Autoren mit unterschiedlichen Ergebnissen, inwieweit die Größe des chirurgischen Zentrums, in dem die Shuntimplantationen stattfanden sowie die Erfahrung der operierenden Ärzte Einfluss auf die Überlebensrate der Shunts haben könnten.

ROBINSON et al. (2002) fanden in ihrer Studie keine Unterschiede hinsichtlich des Shuntüberlebens, als sie das Follow-up der Patienten zweier erfahrener Neurochirurgen des selben Zentrums verglichen. (33)

COCHRANE et al. (2003) hingegen wiesen in einer Meta-Analyse an fast 4000 Shuntimplantationen in Kanada ein signifikant besseres Shuntüberleben bei erfahrenen Operateuren im Vergleich zu relativ unerfahrenen Chirurgen nach. (3)

#### **4.5.2 Einfluss verwendeter Materialien**

Aufgrund der immer noch nicht befriedigenden Langzeitergebnisse der Shuntsysteme bei Kindern mit Hydrocephalus werden ständig neue Materialien und Produkte entwickelt und getestet. Besonders im Bereich der Ventile gibt es heute eine Vielzahl von verschiedenen Produkten, die auf unterschiedliche Weise die häufige Komplikation der Über- bzw. Unterdrainage vermindern sollen. Eine Reihe von Studien zum Thema der Shuntventile zeigte unterschiedliche Ergebnisse.

HANLO et al. (2003) untersuchten in einer Studie an 557 Patienten, zur Hälfte Kinder, die Überlebensrate der Shuntsysteme nach Implantation eines flussregulierenden Ventils. Die Gesamtüberlebensrate der Shunts entsprach anderen Studien, die Komplikation der Überdrainage konnte mit einer Quote von nur 1,8% durch die flussregulierenden Ventile sehr gering gehalten werden. (12)

ZEMACK et al. (2003) führten eine Studie über die Vorteile von Ventilen, deren Öffnungsdruck einstellbar ist, an 158 Kindern und jungen Erwachsenen durch. Mehr als die Hälfte der Patienten zeigten im Verlauf der Studie Zeichen der Über- oder Unterdrainage, die über Veränderung der Ventileinstellung behoben werden konnten. Im Ergebnis ließ sich durch diese Art des Ventils ein verbessertes Outcome der Patienten erzielen. (51)

ROBINSON et al. (2002) untersuchten in einer Studie an 158 Patienten unter einem Jahr den Einfluss verschiedener Faktoren auf das Shuntüberleben. Es fand sich kein signifikanter Einfluss von Ätiologie des Hydrocephalus, Gestationsalter der Patienten, Alter bei Shuntanlage, Operateur und Eintrittsort des Ventrikelkatheters. (33)

Einzig die Unterschiede im Ventilöffnungsdruck zeigten einen signifikanten Einfluss auf das Shuntversagen. Die Revisionsraten pro Jahr des Follow-up waren bei Patienten ohne Ventil oder mit einem Niederdruckventil viermal höher als bei Patienten mit einem Mittel- oder Hochdruckventil. (36)

#### 4.6 Ausblick/ Alternativen

Die hohe Komplikationsrate der Shunts lässt die Frage nach alternativen Methoden bei der Therapie des kindlichen Hydrocephalus aufkommen.

Es gibt eine Vielzahl von Arbeiten zum Thema der Endoscopic Third Ventriculostomy (ETV), die sich bei bestimmten Ätiologien des Hydrocephalus als Therapie der Wahl herausgestellt hat.

In diesem Zusammenhang stellten DiROCCO et al. (2006) in ihrer Studie über kindliche Hydrocephali heraus, dass die ETV im Vergleich zum Shuntsystem die Vorteile hat, erstens keine Fremdkörper im Patienten belassen zu müssen und zweitens bei gelungener Operation eine natürliche Zirkulation des Liquors wiederhergestellt zu haben. Durch diese beiden Punkte ließen sich einige der typischen Shunt-Komplikationen wie das Schlitz-Ventrikel-Syndrom und intraoperative Komplikationen, vor allem im abdominalen Bereich, vermeiden. Andererseits spricht eine höhere perioperative Komplikationsrate gegen die ETV. Die klinische Manifestation iatrogen entstandener neurologischer Strukturschäden bei Kindern ist hoch. Infektionen kommen bei oder nach beiden Eingriffen vor, allerdings ist die Infektionsrate bei Shuntanlage viermal höher als bei ETV. Der Verlauf von Infektionen bei ETV sei im Ganzen unkomplizierter und allein durch Antibiotika-Gabe kontrollierbar. (6)

TAKAYASHI et al. (2006) untersuchten den Einfluss von ETV vs. Shunting bei Kindern mit obstruktivem Hydrocephalus unter 9 Monaten auf die cerebrale Entwicklung. Als Ergebnis zeigte sich, dass bei Kindern, deren cerebrale Entwicklung ohnehin beeinträchtigt ist oder bei denen der Hydrocephalus bereits strukturelle Schäden verursacht hatte, ETV alleine nicht ausreichte, um eine adäquate Entwicklung zu erreichen. Bei diesen Patienten wird eine frühe Shuntanlage empfohlen. Es ist jedoch nicht nachzuweisen, dass durch die frühe Shuntanlage eine bessere Entwicklung gewährleistet ist. (41)

DeRIBAUPIERRE et al. (2007) verglichen das Outcome primär mit Shunt versorgter Kinder mit dem von primär mit ETV versorgter Patienten anhand von 55 Kindern, von denen aufgrund eines obstruktiven Hydrocephalus 24 eine ETV und 31 einen VP-Shunt bekamen. Nach 5 Jahren mussten 26% der ETV Patienten und 42% der VP-Shunt Patienten revidiert werden, so dass die Autoren zu dem Schluss kommen, bei obstruktivem Hydrocephalus sei eine ETV dem VP-Shunt vorzuziehen. (5)

Die Liquorableitung in Form eines Rickham-Reservoirs kann nicht als Alternative zum Shuntsystem aufgeführt werden, sie dient nur der kurzfristigen Entlastung bei Patienten, die aufgrund ihres Entwicklungsstadiums oder anderer Faktoren noch keiner VP- oder VA-

Shuntanlage unterzogen werden können.

Inwieweit lässt sich also die Überlebensrate der Shuntsysteme beeinflussen?

Von den untersuchten Faktoren auf das Shuntüberleben entziehen sich zwei von vornherein der Möglichkeit der Einflussnahme: Dies sind das Geschlecht der Patienten und die Ätiologie des Hydrocephalus. Beide Faktoren haben aber auch keinen signifikanten Einfluss auf das Shuntüberleben.

Die beiden signifikant auf das Shuntüberleben Einfluss nehmenden Faktoren sind zumindest in der Theorie beeinflussbar. Sowohl der Zeitpunkt der Shuntanlage, und damit das Alter der Patienten zu diesem Zeitpunkt, als auch die Voroperationen an MMC oder Liquorsystem sind im Prinzip durch den Operateur beeinflusst.

Lässt sich also auch praktisch auf diese Faktoren einwirken?

Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Shuntanlage könnte dahingehend beeinflusst werden, dass man sehr jungen Patienten, die vor Shuntanlage eine EVD oder ein Rickham-Reservoir bekamen, bewusst zu einem späteren Zeitpunkt einen Shunt implantiert. Dies wäre aber sorgfältig mit den Nachteilen der längeren Verweildauer der EVD oder des Rickham-Reservoirs abzuwägen.

Auch die Voroperationen an MMC oder Liquorsystem sind direkt durch den Arzt beeinflusste Faktoren. Beiden ist jedoch gemein, dass sie unbedingt notwendig sind und auch nicht zu einem späteren Zeitpunkt, z.B. nach Shuntanlage, durchgeführt werden können.

Es bliebe zu diskutieren, ob man bei Patienten mit einer solchen Konstellation in Anbetracht der zu erwartenden kurzen Überlebensrate des Shunts nicht besonders sorgfältig grundsätzliche Alternativen zur Shuntanlage wie die endoskopische Drittventrikulostomie in Erwägung ziehen sollte.

## 5. Zusammenfassung

Die Fragestellung dieser Studie war, ob es Faktoren gibt, die das Shuntüberleben bei Kindern im ersten Lebensjahr in unserem Krankengut beeinflussen. Untersucht wurden die Faktoren Alter der Patienten bei Shuntanlage, Ätiologie des Hydrocephalus, Geschlecht der Patienten, vor Shuntanlage stattgehabte Operationen am Liquorsystem, vor Shuntanlage durchgeführte Operationen an einer MMC und vor Shuntanlage durchgeführte Operationen an Liquorsystem oder MMC. Im Einzelnen ergaben sich folgende Resultate:

1. Das Alter bei Shuntimplantation hat signifikanten Einfluss auf das Shuntüberleben. Je jünger die Patienten zum Zeitpunkt der Operation waren, desto schlechter war die Überlebensrate der Shunts.
2. Die Ätiologie hat keinen signifikanten Einfluss auf das Shuntüberleben. Es kann also anhand der Ursache des Hydrocephalus keine Aussage darüber gemacht werden, wie die Überlebensrate des zu implantierenden Shuntsystems sein könnte.
3. Das Geschlecht hat keinen signifikanten Einfluss auf das Shuntüberleben.
4. Vor Shuntanlage durchgeführte Operationen am Liquorsystem haben keinen signifikanten Einfluss auf das Shuntüberleben.
5. Vor Shuntanlage durchgeführte Operationen an einer Myelomeningocele haben keinen signifikanten Einfluss auf das Shuntüberleben.
6. Vor Shuntanlage stattgefundene Operationen an MMC und Liquorsystem haben zusammengefasst einen signifikanten Einfluss auf das Shuntüberleben, da sie zu einer verkürzten Überlebensrate der Shuntsysteme führen.

## 6. Anhang

Gesamtzahl	Zahl der Ereignisse	Ereignisse %
85	67	78,80%

*Tabelle 1: Revisionen des Gesamtkollektivs*

Alter (gruppiert)	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	Ereignisse in %
bis 30 Tage	26	25	96,20%
bis 60 Tage	14	11	88,60%
bis 90 Tage	22	17	77,30%
über 90 Tage	23	14	60,90%
gesamt	85	67	78.8%

*Tabelle 2: Revisionen nach Altersgruppen*

Alter (gruppiert)	Mittel (Tage)	Median (Tage)
Bis 30 Tage	303,5	48
Bis 60 Tage	1211,5	124
Bis 90 Tage	1048,2	383
Über 90 Tage	1823,3	984
gesamt	1235,3	323

*Tabelle 3: Mittelwerte und Mediane der Überlebenszeit nach Altersgruppen sortiert*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	13,88	0,003

*Tabelle 4: Signifikanzniveau nach Altersgruppen*

Geschlecht	Gesamtzahl	Anzahl Ereignisse	Ereignisse in %
Männlich	42	31	73,80%
Weiblich	43	36	83,70%
Gesamt	85	67	78,8%

*Tabelle 5: Revisionen nach Alter aufgeschlüsselt*

Geschlecht	Mittelwert	Median
Männlich	1252,5	323
Weiblich	980,8	311
Gesamt	1235,3	323

*Tabelle 6: Mittelwerte und Mediane nach Geschlecht aufgeschlüsselt*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	0,31	0,576

*Tabelle 7: Signifikanzniveau nach Geschlecht*

Ätiologie Myelomeningocele	Gesamtzahl	Ereignisse	Ereignisse in %
Nein	65	49	75,40%
Ja	20	18	90,00%
Gesamt	85	67	78,80%

*Tabelle 8: Revisionen nach Ätiologie Myelomeningocele*

Ätiologie Myelomeningocele	Mittelwert (Tage)	Median (Tage)
Nein	1398,9	393
Ja	485,5	55
Gesamt	1235,3	323

*Tabelle 9: Mittelwert und Median nach Ätiologie Myelomeningocele*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	3,57	0,059

*Tabelle 10: Signifikanzniveau nach Ätiologie Myelomeningocele*

Ätiologie intraventrikuläre Blutung	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	Ereignisse in %
Nein	42	34	81,00%
Ja	43	33	76,70%
Gesamt	85	67	78,80%

*Tabelle 11: Anzahl der Ereignisse nach Ätiologie intraventrikuläre Blutung*

Ätiologie intraventrikuläre Blutung	Mittelwert	Median
Nein	990,8	141
Ja	1356	328
Gesamt	1235,3	323

*Tabelle 12: Mittelwert und Median nach Ätiologie intraventrikuläre Blutung*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	0,88	0,348

*Tabelle 13: Signifikanzniveau nach Ätiologie intraventrikuläre Blutung*

Ätiologie Meningitis	Gesamtzahl	Anzahl Ereignisse	Ereignisse in %
Nein	83	66	79,50%
Ja	2	1	50,00%
Gesamt	85	67	78,80%

*Tabelle 14: Anzahl Ereignisse nach Ätiologie Meningitis*

Ätiologie Meningitis	Mittelwert	Median
Nein	1215,9	311
Ja	681,5	406
Gesamt	1235,3	323

*Tabelle 15: Mittelwerte und Mediane nach Ätiologie Meningitis*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	0,57	0,451

*Tabelle 16: Signifikanzniveau nach Ätiologie Meningitis*

Ätiologie Sonstige	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	Ereignisse in %
Nein	64	52	81,20%
	21	15	71,40%
	85	67	78,20%

*Tabelle 17: Anzahl der Ereignisse nach Ätiologie Sonstige*

Ätiologie Sonstige	Mittelwert	Median
Nein	1139,6	243
Ja	1404,7	395
Gesamt	1235,3	323

*Tabelle 18: Mittelwert und Median für Ätiologie Sonstige*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	0,37	0,543

*Tabelle 19: Signifikanzniveau nach Ätiologie Sonstige*



Vor-OP am Liquorsystem	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	Ereignisse in %
Nein	68	52	76,50%
Ja	17	15	88,20%
Gesamt	85	67	78,80%

*Tabelle 20: Anzahl der Ereignisse nach Vor-OP am Liquorsystem*

Vor-OP am Liquorsystem	Mittelwert	Median
Nein	1341,2	243
Ja	607,1	383
Gesamt	1235,3	323

*Tabelle 21: Mittelwert und Median nach Vor-OP am Liquorsystem*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	0,34	0,560

*Tabelle 22: Signifikanzniveau nach Vor-OP am Liquorsystem*

Vor-OP an Myelomeningocele	Gesamtzahl	Anzahl Ereignisse	Ereignisse in %
Nein	67	51	76,10%
Ja	18	16	88,90%
Gesamt	85	67	78,80%

*Tabelle 23: Anzahl der Ereignisse nach Vor-OP Myelomeningocele*

Vor-OP Myelomeningocele	an	Mittelwert	Median
Nein		1371,4	393
Ja		424,2	55
Gesamt		1235,3	323

*Tabelle 24: Mittelwert und Median nach Vor-OP an Myelomeningocele*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	3,9	0,048

*Tabelle 25: Signifikanzniveau nach Vor-OP an Myelomeningocele*

Voroperationen	Gesamtzahl	Anzahl Ereignisse	Ereignisse in %
Nein	50	36	72,00%
Ja	35	31	88,60%
Gesamt	85	67	78,80%

*Tabelle 26: Anzahl Ereignisse nach Voroperation*

Voroperationen	Mittelwert	Median
Nein	1566,9	395
Ja	541,3	69
Gesamt	1235,3	323

*Tabelle 27: Mittelwert und Median nach Voroperationen*

	Chi-Quadrat	Signifikanzniveau
Log Rank (Mantel-Cox)	3,93	0,048

*Tabelle 28: Signifikanzniveau nach Voroperationen*

## 7. Literatur

1. Baykan N, Isbir O, Gercek A, Dagnar A, Ozek MM: Ten years of experience with pediatric neuroendoscopic third ventriculostomy: features and perioperative complications of 210 cases J Neurosurg Anesthesiol. 17(1):33-7, 2005 Jan.
2. Beni-Adani-L, Biani N, Ben-Sirah L, Constantini S: The occurrence of obstructive vs absorptive hydrocephalus in newborns and infants: relevance to treatment choices. Childs Nerv Syst 22(12):1543-1563, 2006 Dec.
3. Cochrane DD, Kestle JR: The influence of surgical operative experience on the duration of first ventriculoperitoneal shunt function and infection. Pediatric Neurosurg. 38(6):295-301, 2003 Jun.
4. Chumas P, Tyagi A, Livingston L: Hydrocephalus-what's new? Arch Dis Child Fetal Neonatal 85:149-154, 2001.
5. de Ribaupierre S, Rilliet B, Vernet O, Regli L, Villemure JG: Third ventriculostomy vs ventriculoperitoneal shunt in pediatric obstructive hydrocephalus: results from a Swiss series and literature review. Childs nerv System. 23(5):527-33, 2007 May
6. Di Rocco C, Massimi L, Tamburrini G: Shunts vs endoscopic third ventriculostomy in infants: are there different types and/or rates of complications? Childs Nerv system. 22(12):1573-1589, 2006 Dec.
7. Dickerman RD, McConathy WJ, Morgan J, Stevens QE, Jolley JT, Schneider S, Mittler MA: Failure rate of frontal versus parietal approaches for proximal catheter J Clin Neurosci. 12(7):781-3, 2005 Sep.
8. Duhaime AC: Evaluation and management of shunt infections in children with hydrocephalus. Clin pediatr (Phila). 45(8):705-13, 2006 Oct.
9. Eide PK: Assessment of childhood intracranial pressure recordings using a new method of processing intracranial pressure signals. Pediatr Neurosurg. 41(3):122-30, 2005 May- Jun.
10. Enger PO, Svendsen F, Sommerfelt K, Wester K: Shunt revision in children- can they be avoided? Experiences from a population-based study. Pediatric Neurosurg. 41(6):300-4, 2005 Nov-Dec.
11. Futagi Y, Suzuki Y, Toribe Y, Nakano H, Morimoto K: Neurodevelopmental outcome in children with posthemorrhagic hydrocephalus. Pediatr Neurol. 2005 Jul;33(1):26-32. Epub 2005 Apr 14.

12. Hanlo PW, Cinalli G, Vandertop WP, Faber JA, Bogeskov L, Borgesen SE, Boschert J, Chumas O, Eder H, Pople IK, Serlo W, Vizthum E: Treatment of hydrocephalus determined by the European Orbis Sigma Valve II survey: a multicenter prospective 5-year shunt survival study in children and adults in whom a flow-regulating shunt was used. *J Neurosurg.* 99(1):52-7, 2003 Jul.
13. Heep A, Engelskirchen R, Holschneider A, Groneck P: Primary intervention for posthemorrhagic hydrocephalus in very low birthweight infants by ventriculostomy. *Child's Nerv System* 17:47-51, 2001
14. Kestle JR, Drake JM, Cochrane DD, Milner R, Walker ML, Abbott R, Boop FA: Lack of benefit of endoscopic ventriculoperitoneal shunt insertion: a multicenter randomized trial. *J Neurosurg.* 98(2):284-90, 2003 Feb.
15. Kestle JR, Walker ML: A multicenter prospective cohort study of the Strata valve for the management of hydrocephalus in pediatric patients. *J Neurosurg.* 102(2 Suppl):141-5, 2005 Mar.
16. Khorasani L, Sikorski CW, Frim DM: Lumbar CSF shunting preferentially drains the cerebral subarachnoid over the ventricular spaces: implications for the treatment of slit ventricle syndrome. *Pediatr Neurosurg.* 40(6):270-6, 2004 Nov-Dec.
17. Kulkarni AV, Drake JM, Lamberti-Pasculli M: Cerebrospinal fluid shunt infection: a prospective study of risk factors. *J Neurosurg* 94(6):1019-1020, 2001.
18. Kulkarni AV, Rabin D, Drake JM: An instrument to measure the health status in children with hydrocephalus: the Hydrocephalus Outcome Questionnaire. *J Neurosurg.* 101(2 Suppl):134-40, 2004 Nov .
19. Liptak GS, Bolander HM, Langworthy K: Screening for ventricular shunt function in children with hydrocephalus secondary to meningomyelocele. *Pediatric Neurosurg.* 34(6):281-5, 2001 Jun.
20. Mangano FT, Menendez JA, Habrock T, Narayan P, Leonard JR, Park TS, Smyth MD: Early programmable valve malfunctions pediatric hydrocephalus. *J Neurosurg.* 103(6 Suppl): 501-7, 2005 Dec.
21. Marlin AE: Management of hydrocephalus in the patient with myelomeningocele: an argument against third ventriculostomy. *Neurosurg Focus.* 15;16(2):E4, 2004 Feb.
22. McGirt KJ, Buck DW, Sciubba D, Woodworth GF, Carson B, Weingart J, Jallo G: Adjustable vs set-pressure valves decrease the risk of proximal shunt obstruction in the treatment of pediatric hydrocephalus. *Childs Nerv System.* 23(3):289-95 2007 Mar;

23. McGirt MJ, Leveque JC, Wellons JC, Vilavicencio AT, Hopkins JS, Fuchs HE, George TM: Cerebrospinal Fluid Shunt Survival and Etiology of Failures: A seven Year Institutional Experience. *Pediatric Neurosurgery* 63: 248-255, 2002.
24. McGirt MJ, Wellons JC, Nimjee SM, Bulsara KR, Fuchs HE, George TM: Comparison of total versus partial revision of initial ventriculoperitoneal shunt failures. *Pediatr Neurosurg.* 38(1):34-40, 2003 Jan.
25. McLone D, Dias MS: The Chiari II malformation: cause and impact. *Child Nerv System* 19:540-550, 2003.
26. Meling TR, Egge A, Due-Tonnessen B: The gravity-assisted Paedi-Grav valve in the treatment of pediatric hydrocephalus. *Pediatr Neurosurg.* 41(1):8-14, 2005 Jan-Feb.
27. Morelli D, Pirotte B, Lubansu A, Detemmerman D, Aeby A, Fricx C, Berre J, David P, Brotchi J: Persistent hydrocephalus after early surgical management of posterior fossa tumors in children: is routine preoperative endoscopic third ventriculostomy justified? *J Neurosurg.* 103(3 Suppl):247-52, 2005 Sep.
28. Munch TN, Bech-Azedinne R, Boegeskov L, Gjerris F, Juhler M: Evaluation of the lumbar and ventricular infusion test in the diagnostic strategy of pediatric hydrocephalus and the therapeutic implications. *Childs Nerv Syst.* 23(1):7-14, 2007 Jan.
29. Patel KR, Tang H, Grever WE, Simon Ng KY, Xiang J, Keep RF, Cao T, McAllister JP: Evaluation of polymer and self-assembled monolayer-coated silicone surfaces to reduce neural cell growth. *Biomaterials* 27 (8) 1519-26, 2005 Sep.
30. Peretta P, Ragazzi P, Carlino CF, Gaglini P, Cinalli G: The role of Ommaya reservoir and endoscopic third ventriculostomy in the management of post-hemorrhagic hydrocephalus of prematurity. *Child Nerv System.* 23(7) 765-71 2007 July..
31. Powers CJ, George T, Fuchs HE: Constipation as a reversible cause of ventriculoperitoneal shunt failure. Report of two cases. *J Neurosurg.* 105(3 Suppl):227-30, 2006 Sep.
32. Ragel BT, Browd SR, Schmidt RH: Surgical shunt infection: significant reduction when using intraventricular and systemic antibiotic agents. *J Neurosurg.* 105 (2):242-7, 2006 August.
33. Robinson S, Kaufman BA, Park TS: Outcome Analyses of Initial Neonatal Shunts: Does the Valve Make a Difference? *Pediatric Neurosurgery* 37:287-295, 2002.
34. Schuhmann MU, Ostrowski KR, Draper EJ, Chu JW; Ham SD, Sood S, Mcallister JP: The value of C-reactive protein in the management of shunt infections, *J Neurosurg.*

- 103(3 Suppl):223-30, 2005 Sep.
35. Sciubba DM, Stuart RM, McGirt MJ, Woodworth GF, Samdani A, Carson B, Jallo GI: Effect of antibiotic-impregnated shunt catheters in decreasing the incidence of shunt infection in the treatment of hydrocephalus. *J Neurosurg.* 103( 2 Suppl): 131-6, 2005 Aug.
  36. Sgouros S, Kukharni AV, Constantini S: The international infant hydrocephalus study: concept and rationale. *Childs Nerv Syst.* 2005 Oct 15.
  37. Shim KW, Kim DS, Choi JU: Simultaneous endoscopic third ventriculostomy and ventriculoperitoneal shunt for infantile hydrocephalus. *Childs Nerv Syst.* 24 (4) 443-451 2007 Nov.
  38. Smith ER, Butler WE, Barker FG: In-hospital mortality rates after ventriculoperitoneal shunt procedures in the United States, 1998 to 2003: relation to hospital and surgeon volume of care. *J Neurosurg.* 100(2 Suppl Pediatrics):90-7, 2004 Feb.
  39. Sood S, Schuhmann MU, Cakan N, Ham SD: Endoscopic fenestration and coagulation shrinkage of suprasellar arachnoid cysts. Technical note. *J Neurosurg.* 102(1 Suppl):127-33, 2005 Jan.
  40. Sood S, Lokuketagoda J, Ham SD: Periventricular rigidity in long-term shunt-treated hydrocephalus *J Neurosurg.* 102(2 Suppl):146-9, 2005 Mar.
  41. Takahashi Y: Long-term outcome and neurologic development after endoscopic third ventriculostomy versus shunting during infancy. *Childs Nerv System.* 22(12): 1592-602, 2006 Dec.
  42. Thompson DN, Hartley JC, Hayward RD: Shunt infection: is there a near-miss scenario? *J Neurosurg.* 106:15-9, 2007 Jan.
  43. Tuli S, Drake J, Lamberti-Pasculli M: Long term outcome of hydrocephalus management in myelomeningoceles. *Childs Nerv Syst.* 19(5-6):286-91, 2003 Jun.
  44. Tuli S, Tuli J, Drake J, Spears J: Predictors of death in pediatric patients requiring cerebrospinal fluid shunts. *J Neurosurg.* 100(5 Suppl Pediatrics):442-6, 2004 May.
  45. Tuli S, Drake J, Lawless J, Wigg M, Lamberti .Pasculli M: Risk factors for repeated cerebrospinal shunt failures in pediatric patients with hydrocephalus. *J Neurosurg* 92(1):31-38, 2000.
  46. Turgut M, Alabaz D, Erbey F, Kocabas E, Erman T, Alhan E, Aksaray N: Cerebrospinal fluid shunt infections in children. *Pediatr Neurosurg.* 41(3):131-6, 2005 May-Jun.
  47. VandeVord PJ, Gupta N, Wilson RB, Vinuya RZ, Schaefer CJ, Canady AI, Wooley

- PH: Immune reactions associated with silicone-based ventriculo-peritoneal shunt malfunctions in children. *Biomaterials*. 25(17):3853-60, 2004 Aug.
48. Villavicencio AT, Leveque JC, McGirt MJ, Hopkins JS, Fuchs HE, George TM: Comparison of revision rates following endoscopically versus nonendoscopically placed ventricular shunt catheters. *Surg Neurol*. 59(5):375-9; discussion 379-80, 2003 May.
49. Vinchon M, Fichten A, Delestret I, Dhellemmes P: Shunt revision for asymptomatic failure: surgical and clinical results. *Neurosurgery*. 52(2):347-53; discussion 353-6, 2003 Feb.
50. Yurtseven T, Ersahin Y, Kitis O, Mutluer S: Thrombosis and thrombophlebitis of the internal jugular vein as a very rare complication of the ventriculoatrial shunt. *Clin Neurol Neurosurg*. 107(2):144-6, 2005 Feb.
51. Zemack G, Bellner J, Siesjo P, Stromblad LG, Romner B: Clinical experience with the use of a shunt with an adjustable valve in children with hydrocephalus. *J Neurosurg*. 98(3):471-6, 2003 Mar.

## **8. Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. H.M. Mehdorn, der die Arbeit an der Neurochirurgischen Universitätsklinik des UKSH, Campus Kiel ermöglichte und unterstützte.

Ich danke vor allem Herrn PD Dr. M. Fritsch für die großartige Unterstützung und freundliche Zusammenarbeit.

Dank gebührt Herrn Hedderich aus dem Institut für Medizinische Statistik und Informatik des UKSH, Campus Kiel für die statistische Beratung.

Ich danke meiner Familie für die Unterstützung während der Entstehungszeit dieser Arbeit.



## 9. Lebenslauf:

### Persönliche Daten:

Name: Felix v. Criegern

Geburtstag: 08.08.1980

Geburtsort: Würzburg

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familie: Vater: Dr. Thomas v. Criegern, Frauenarzt.  
Mutter: Gudrun v. Criegern, Krankengymnastin.  
2 Geschwister

Familienstand: ledig

### Schulbildung:

1987-1991 Grundschule Voslapp, Wilhelmshaven

1991-1993 Orientierungsstufe Nogatschule, Wilhelmshaven

1993-2000 Gymnasium am Mühlenweg, Wilhelmshaven

1997-1998 10 Monate Cascade High School, Salem, Oregon, USA

06/ 2000 Allgemeine Hochschulreife, Note 1,9

2000-2001 Zivildienst als Rettungssanitäter beim Rettungsdienst Friesland

### Hochschulstudium:

10/ 2001 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel

04/ 2004 Ärztliche Vorprüfung an der CAU zu Kiel

05/ 2005 Beginn der Promotionsarbeit

02/ 2007-01/2008 Praktisches Jahr

04/ 2008 Abschluss des Medizinstudiums mit dem 2. Staatsexamen

07/2008 Beginn der ärztlichen Tätigkeit als Assistenzarzt in der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie des UKSH, Campus Kiel

### Famulaturen:

08/ 2004 Klinik für Unfallchirurgie, RNK Wilhelmshaven

03/ 2005 Klinik für Neurochirurgie, UKSH, Kiel

09/ 2005	Klinik für Anästhesie/ Intensivmedizin, NWK Sanderbusch
03/ 2006	Praxis für Allgemeinmedizin, Dr. Petersen, Schleswig
09/ 2006	Klinik für Anästhesie/ Intensivmedizin, Baerum Sykehuset, Oslo, Norwegen

**Praktisches Jahr:**

02/ 2007 – 01/ 2008

I. Chirurgie	Klinik für Unfallchirurgie Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie Klinik für Allgemeinchirurgie und Thoraxchirurgie UKSH Kiel
II. Innere Medizin	Segeberger Kliniken Bad Segeberg
III. Neurochirurgie	Klinik für Neurochirurgie UKSH Kiel

**Facharztausbildung:**

seit 01.07.2008 Assistenzarzt in der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie des UKSH, Campus Kiel